

الشامل



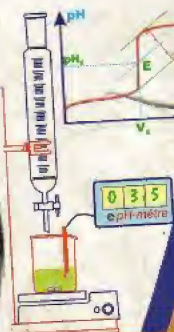
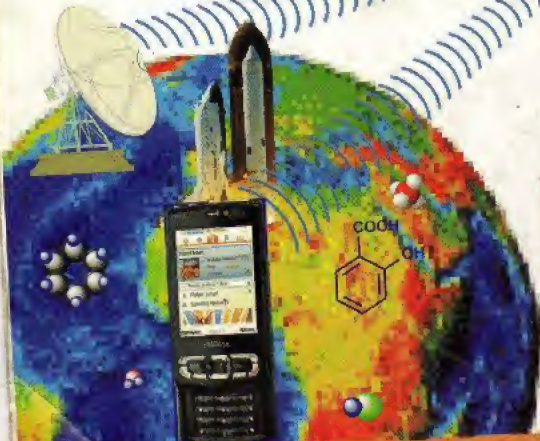
في

الفيزياء والكيمياء

السنة 3 ثانوي

لجميع الشعب العلمية

علوم تجريبية - رياضيات - تقني رياضي
طبعة جديدة منقحة



الأستاذ السعيد هبول

الأستاذ علي دكامري

تحول كيميائي في محلول مائي

1. المدة الزمنية للحول كيميائي

1. 1 - التحول السريع او اللحظي
1. 2 - التحول البطيء
1. 3 - التحول البطيء جدا

تمارين

2 - المتابعة الزمنية لحول كيميائي

1. 2 - المتابعة الزمنية عن طريق قياس الناقلية : Conductimétrie
2. 2 - المتابعة عن طريق القياس اللوني : Colorometrie

3 - السرعة الحجمية وزمن نصف التفاعل

3. 1 - السرعة الحجمية لتطور او اختفاء نوع كيميائي.
3. 2 - زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$
3. 3 - منحنيات تطور التركيز أثناء تحول كيميائي.

4 العوامل الحركية

- 4 - 1 - تأثير درجة الحرارة
- 4 - 2 - تأثير تراكيز المتفاعلات
- 4 - 3 - التعبير المجبري للعوامل الحركية

تمارين

5. الوسيط

5. 1 - أنواع الوسيط
5. 2 - دور الوسيط
5. 3 - أهمية العوامل الحركية

تمارين

فيزياء

جزء الكيمياء

75. مصرية	المتغيرة الـ pH
76. تمارين	تطور كميات المتفاعلات و النواتج خلال تحول كيميائي في محلول مائي
92. تمارين	6. المتابعة الزمنية لتحول كيميائي
94. تمارين	9. تطور جملة كيميائية نحو حالة التوازن
105. تمارين	14. نسبة التفاعل وثابت التوازن الكيميائي
107. تمارين	36. تمارين
115. تمارين	47. مراقبة تحول بتغيير أحد المتفاعلات
119. تمارين	130. تمارين
134. تمارين	1 - التحول حمض - اساس
	58. تمارين
	65. تمارين

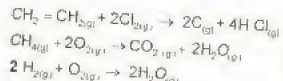
جزء الفيزياء

256. تمارين	التحولات النووية
268. تمارين	النشاط الإشعاعي
270. تمارين	142. الانشطار النووي والاندماج النووي
286. تمارين	147. التفاعلات النووية
288. تمارين	161. تطور الجمل الكهربائية
289. تمارين	175. ثنائي القطب RC
294. تمارين	179. ثنائي القطب RL
299. تمارين	183. تطور الجمل الميكانيكية
313. تمارين	194. حركة الكواكب والأقمار الاصطناعية
316. تمارين	198. سقوط الشاقول في الجسد في الهواء
324. تمارين	210. تمارين
326. تمارين	215. تمارين
338. تمارين	232. تمارين
341. تمارين	227. سقوط الشاقول في الجسد في الهواء
348. تمارين	240. تمارين
351. تمارين	243. تمارين
358. تمارين	253. حركة الغلاف (تطبيقات حول الميكانيك)
360. تمارين	
369. تمارين	

1- امة الزمنية للحول كيميائي

الكيميائي بشكل كرجي فيمكن ملاحظة شكل ناتج أو استهلاك متفاعل عن طريق العين بواسطة قياس و بالتالي بالإمكان تغير المدة الزمنية لتطور جملة كيميائية بين الحالة الحالتين وعلى أساسها يمكن أن نصف التحولات الكيميائية إلى:

تول السريع أو اللحظي
تول فيه مدة تطور الجملة قصيرة جدا ، يتم بمجرد تلامس المتفاعلات ، وتقدر المدة بأقل من الثانية .



علاقت الترسيب: يتم الكشف عن بعض الشوارد باستعمال تفاعلات الترسيب

$$\text{Ag}_{(aq)} + \text{Cl}_{(aq)} \rightarrow \text{AgCl}_{(s)}$$

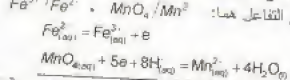
فقطرات من محلول نترات الفضة (Ag + NO₃) في محلول يحتوي شوارد الكلور سب ابيض من كلور الفضة.

المثل عند إضافة الصود إلى شوارد النحاس

$$\text{Cu}_{(aq)}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}_{(aq)} \rightarrow \text{Cu}(\text{OH})_{2(s)} + 2\text{H}^{+}_{(aq)}$$

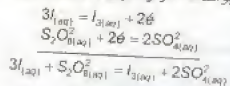
علاقت الأكسدة الإرجاعية:
للتأكسدة الإرجاعية في غالب الأحيان لحظيا و يكون ذلك واضحا بشكل ما يختلف لون الشكل المرجع لأحدى التناظرات عن لون الشكل المؤكسد المرافق لها.

شوارد الحديد الثنائي بواسطة شوارد فوق المنغذات في وسط حمضي (يوجد حمض لوني Fe²⁺ أخضر فاتح، لون MnO₄ بنفسجي، لون Fe³⁺ بني باهت ، عديم التناظرات الداخليتان في التفاعل هما:



لون MnO₄ لحظيا و لون محلول شوارد الحديد الثنائي Fe²⁺ الأخضر الفاتح يتحول إلى اللون الباهت لشوارد الحديد Fe³⁺.

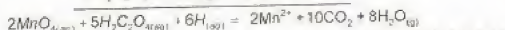
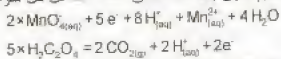
أكسدة شوارد اليود / بواسطة شوارد فوق أكسيد بيروكسيدات S₂O₈²⁻ (أكسدة بالزيادة)



الحول البطيء:
الحول الذي يمكن ملاحظة تطوره بالعين المجردة ويتطلب بعض الوقت أو الدقائق .

الحول الذي يمكن ملاحظة تطوره بالعين المجردة ويتطلب بعض الوقت أو الدقائق .

المنغذات MnO₄ ، إضافة قطرات (mL) من محلول فوق منغذات البوتاسيوم 0.1mol/L إلى 100cm³ من المحلول الحمضي 0.05mol/L يبرول لون MnO₄ لحظيا، بل تتناقص شدته تدريجيا و يصبح الوسط عديم اللون بعد عدة دقائق عندما تتفاعل كل شوارد فوق المنغذات.



(C) التحول البطيء جدا:

هو تحول يمكن أن يظهر عليه تطور بالنسبة لحوسنا وتقدم التفاعل يبدو معدوما ، و يظل عن الجملة أهدا عطلة مركبا.

تصاريح

تصريح 1:

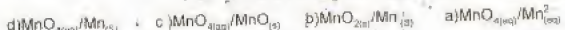
مثل التحولات الأتية في الدرجة العادية من الحرارة سريعة، بطيئة ، بسيطة جدا ؟
(A) تتشكل الصدا .
(B) تفاعل ثنائي اليود مع شوارد التيوكبريتات.
(C) تفاعل حمض كلور الماء مع الصود .
(D) تفاعل شوارد الحديد الثنائي Fe²⁺ مع شوارد فوق المنغذات MnO₄ في وسط حمضي .
(E) تفاعل شوارد اليود مع الماء الأكسجيني .

الحل:

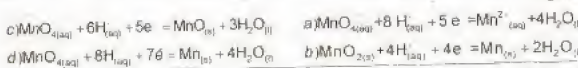
(a) بطيء جدا ، (b) سريع جدا (الحظي) (c) لحظي (سريع جدا) (d) سريع ، (e) بطيء

تصريح 2:

اكتب المعادلات التصفية الموافقة للتناظرات:

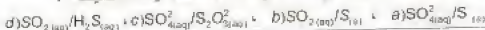


الحل:

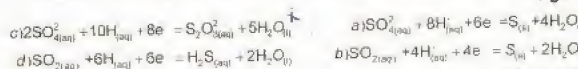


تصريح 3:

اكتب المعادلات التصفية الموافقة للتناظرات التالية:



الحل:



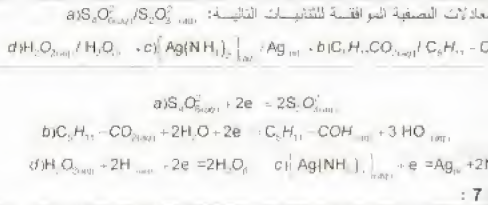
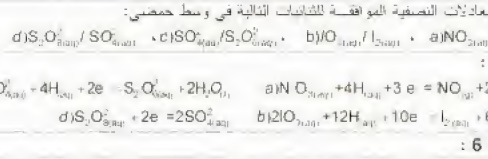
تصريح 4:

لدينا التفاعل التالي: $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^{+}_{(aq)} + 6\text{Fe}^{2+}_{(aq)} = 2\text{Cr}^{3+}_{(aq)} + 7\text{H}_2\text{O}_{(l)} + 6\text{Fe}^{3+}_{(aq)}$

- 1 - هل هو تفاعل أكسدة إرجاعية؟ برر .
- 2 - مسا هي التناظرات أكسدة إرجاع
- 3 - حدد المؤكسد والمراجع المتفاعلين .

الحل:

هو تفاعل أكسدة ارجاعية لأن Fe^{2+} تحول الى Fe^{3+} وايضا $Cr_2O_7^{2-}$ تحولت الى Cr^{3+}
 بيتان الداخلتان في التفاعل هما: $Fe^{3+}_{(aq)} / Fe^{2+}_{(aq)}$ و $Cr_2O_7^{2-}_{(aq)} / Cr^{3+}_{(aq)}$
 ان التصفيتين:
 $Fe^{2+}_{(aq)} = Fe^{3+}_{(aq)} + e^-$ و $Fe^{3+}_{(aq)} + e^- = Fe^{2+}_{(aq)}$
 $Cr_2O_7^{2-}_{(aq)} + 14H^+_{(aq)} + 6e^- = 2Cr^{3+}_{(aq)} + 7H_2O_{(l)}$
 جمع هو المؤكسد هو $Fe^{2+}_{(aq)}$ و المؤكسد هو $Cr_2O_7^{2-}_{(aq)}$
 5 ل:



1 - هل هذا التفاعل لحظي أم بطيء ؟
 2 - هل هذا التحول هو تفاعل أكسدة ارجاعية ؟ لماذا ؟
 3 - ما التاليفتين الداخلتين في التفاعل ؟
 4 - حدد المؤكسد و المرجع التاليفتين .
 في المحلول و معادلة التفاعل هي :
 $2Na_{(aq)} + 2H_2O_{(l)} = 2Na_{(aq)} + 2H_2O_{(l)}$

التفاعل سريع لأنه يحدث بمجرد تلامس المتفاعلات .
 تحول هو تفاعل أكسدة ارجاعية لأن $Na_{(aq)}$ تحول الى شاردة $Na_{(aq)}$.
 التاليفتان الداخلتان في التفاعل هما: $H_2O_{(l)} / HO_{(aq)}$ و $Na_{(aq)} / Na_{(aq)}$
 ان التصفيتين الموافقتان هما : $H_2O_{(l)} = 2e^- + 2HO_{(aq)} + H_2$ و $Na_{(aq)} = Na_{(aq)} + e^-$
 جمع هو $Na_{(aq)}$ و المؤكسد هو الماء $H_2O_{(l)}$
 8 ل:

نلاحظ بالعين المجردة تغيير لون المزيج .

- 1 - عرف التحول البطيء ؟
- 2 - اكتب المعادلتين التصفيتين الموافقتين للتاليفتين: $CO_2_{(g)} / H_2C_2O_4_{(aq)}$ و $MnO_{4(aq)} / Mn^{2+}_{(aq)}$
- 3 - ما لون المزيج عند نهاية التحول ؟

الحل :

- 1- التحول البطيء : يتطلب مدة اكبر من الثانية
- 2 - كتابة المعادلتين التصفيتين ثم معادلة التفاعل :
 $2 MnO_{4(aq)} + 8H^+_{(aq)} + 5e^- = Mn^{2+}_{(aq)} + 4H_2O_{(l)}$
 $5 H_2C_2O_4_{(aq)} = 2CO_{2(g)} + 2H^+_{(aq)} + 2e^-$
 $2 MnO_{4(aq)} + 5H_2C_2O_4_{(aq)} + 6H^+_{(aq)} = 2Mn^{2+}_{(aq)} + 10CO_{2(g)} + 8H_2O_{(l)}$
- 3- عند نهاية التحول تكون شوارد Fe^{2+} في المحلول و Fe^{3+} في المحلول (مفاعل محذ)

2 - المتابعة الزمنية [الحركية] للتحول كيميائي

ان متابعة تطور تقدم التفاعل وتحديد كميات النواتج المكونة لجملة كيميائية خلال الزمن يتطلب معرفة تركيبتها في كل لحظة باستعمال طرق مختلفة بعضها كيميائي مثل المعايرة وبعضها الآخر فيزيائي كقياس الناقلية، فعندما يرتبط تركيز نوع او عدة انواع كيميائية في مزيج التفاعل بمقدار فيزيائي (الناقلية، الضغط، اللون، ...) بواسطة علاقة رياضية بسيطة فان قياسه يسمح بتحديد هذا التركيز ومتابعة تطور تقدم التفاعل خلال الزمن والطرق المستعملة تشكل تقنيات المتابعة، ومنها:

1 - المتابعة الزمنية عن طريق قياس الناقلية:

يشترط ان يكون مزيج التحول كهروليتي (ناقل للتيار) اي يحتوي على شوارد .

- نحسب ناقلية المحلول من العلاقة: $G = \frac{I}{U} \cdot S$ حيث $K_{cell} = \frac{S}{l}$ هو ثابت الخلية و G و K_{cell} ناقلية النوعية للمحلول .

- الناقلية المولية الشاردية λ :

تؤخذ في المحلول الكهروليتي الشاردين B_{aq+} و A_{aq-} حيث: $\sigma = \lambda_A [A] + \lambda_B [B]$ حيث σ و λ ناقلية النوعية الشاردية .
 حيث يقدر λ بـ $mol^{-1} \cdot cm^2$ و σ بـ $S \cdot m^{-1}$

اذا كان C هو تركيز المحلول الناقل فان : $C = \frac{x(t)}{V}$ في كل لحظة حيث: $x(t)$ هو تقدم التفاعل اللحظي و V حجم المزيج و لدينا ايضا: $C = [A^+] = [B^-]$

ومنه $G = \sigma \cdot K_{cell}$ و $\sigma(t) = (\lambda_A + \lambda_B) \cdot \frac{x(t)}{V}$ فان : $G = K_{cell} \cdot (\lambda_A + \lambda_B) \cdot \frac{x(t)}{V}$
 ان قياس الناقلية النوعية لمزيج التفاعل $\sigma(t)$ يسمح بمتابعة تطور تقدم التفاعل في المزيج خلال الزمن .
 تطبيق :

نأخذ في اللحظة $t = 0$: $2ml$ من 2×10^{-2} مولي بروبيل في $75 ml$ من مزيج من الماء و الايثانول ، نتابع تطور التفاعل عن طريق قياس الناقلية و معادلة التفاعل الموافقة

2.2 - المناجعة من طريق المعايرة اللونية: Colorométrie

المعايرة اللونية:

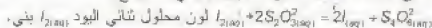
تعنى معايرة نوع كيميائي في محلول لتحديد كمية مادته في حجم معلوم بإجراء تحول كيميائي .
- **المبيد:** نأخذ حجما معينا من محلول يحتوي النوع المراد معايرته و الذي نفاعله مع النوع الموجود في المحلول المُعاير ذو تركيز معلوم و التفاعل الحادث يدعى تفاعل المعايرة و الذي يجب ان يكون سريما و تاما .

يضاف المحلول المعاير (titrant) بالترتيب إلى المحلول المعاير (titree) بواسطة مساحلة.

— يلعب النوع المعاير المتفاعل المحد يشير إلى حصول التكاثر و حجم المحلول
المعاير المسكوب عند التكاثر يدعى حجم التكاثر V_E .
— يحقق النوعان المتفاعلات عند التكاثر الشروط الستوكيومترية
لتفاعل المعايرة و كميتا مادتيهما تصبح معذومة عند التكاثر .
— إن معرفة حجم التكاثر تسمح بمعرفة تركيز أو كمية مادة النوع
المعاير المتفاعل و عن طريق جدول وصفي لتطور تقدم التفاعل
يمكن تحديد كمية مادة النوع المعاير (titree)
— يتم تحديد التكاثر في المعايرة اللونية بملاحظة تغير لون المحلول.

تطبيق:

تعطي معادلة تفاعل المعايرة لتحويل كيميائي بالرموز:



نستعمل محلول معاير تركيزه بشوارة التوكيرات 10^{-2} mol/L لمعايرة C_0 من محلول ثنائي اليود $I_{2(aq)}$ بنى
المعاير المضاف هو $V_E = 16.2 \text{ mL}$
من محلول ثنائي اليود تركيزه C' مجهول وعند التكاثر كان حجم المحلول

- 1- حدد التاليتين الداخليتين في التفاعل .
- 2- كيف يتم تحديد التكاثر ؟
- 3- انجز جدولا لتقدم التفاعل .
- 4- استنتج عبارة C بدلالة المعطيات التجريبية و احسب قيمته.

الحل:

- 1- تحديد التاليتين الداخليتين في التفاعل: $S_4O_6^{2-} / S_2O_3^{2-}$ و $I_{2(aq)} / I_{(aq)}$
- 2- تحديد التكاثر: يحدد التكاثر عند زوال اللون البني للمحلول و الذي يوافق اختفاء ثنائي اليود .

3- انجاز جدول التقدم:

4- استنتاج عبارة C وحساب قيمه عند التكاثر تكون كميتا مادتي

المتفاعل المعاير (titrant) و المتفاعل المعاير (titree) معذومتين.

الكمية	المتفاعل	المادة (مول)
ت	0	n_0
ح	x	n_0
ح	x_{max}	$n_0 - 2x_{max}$

ومنه: $x_{max} = n_0 = n/2 = C_0 V_{eq} / 2$ ومنه: $n - 2x_{max} = 0$ و $n_0 - x_{max} = 0$

و $n_0 = C V = C_0 V_{eq} / 2 \rightarrow C = C_0 V_{eq} / 2 V = 10^{-2} \times 16.2 \times 10^{-3} / 20 \times 10^{-3} = 8.1 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$

ل الكيميائي: $RCl + 2H_2O_{(l)} \rightarrow ROH + H_2O_{(aq)} + Cl_{(aq)}$

t (ks)	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4
U (v)	0	0.44	0.88	1.19	1.5	1.78	1.95	2.13
x (mol)	0	0.44	0.88	1.19	1.5	1.78	1.95	2.13
t (ks)	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0
U (v)	2.21	2.28	2.38	2.44	2.5	2.5	2.5	2.5
x (mol)	2.21	2.28	2.38	2.44	2.5	2.5	2.5	2.5

ل الماء موجود بزيادة ،
المنتج العلاقة التي تربط التقدم x للتفاعل و التوتر U المسجل عند مخرج مقياس الناقلية
التوتر الأعظمي U_{max} و التقدم الأعظمي x_{max}

كل الجدول و ارسم المنحنى: $t \rightarrow x = f(t)$ المعطيات: الكتلة المولية:

كلور و 2- مثيل بروبان $M_{RCI} = 92.5 \text{ g/mol}$ ، الكتلة الحجمية

كلور و 2- مثيل بروبان $U_{max} = 2.5 \text{ V}$ ، $\rho = 0.85 \text{ g/mL}$

ماء موجود بزيادة فهو يلعب دور المتفاعل و المذيب مع الإيثانول ،

$$m_{RCI} = \rho V = 0.85 \times 2 = 1.7 \text{ g}$$

$$n_{RCI} = m / M_{RCI} = 1.7 / 92.5 = 18.4 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

التقدم لهذا التفاعل:

$$n = 1.84 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

كلور و 2- مثيل بروبان بزيادة فهو يلعب دور المتفاعل و المذيب مع الإيثانول ،

بوارد الهيدرونيوم المتشكلة ،

بالة النهائية فإن كمية مادة

كلور و 2- مثيل بروبان معذومة ومنه: $x_{max} = 1.84 \times 10^{-2} \text{ mol}$

بوارد الهيدرونيوم المتشكلة ،

بالتالي العلاقة التي تربط بين U_{max} ، x_{max} ، U ، x

$$G = \sigma K_{eq} \text{ و } L_{eq} = \sigma K_{eq} C$$

$$C = \frac{x(t)}{V}$$

$$C = [H_2O]$$

بدلالة الناقلية: $U = \alpha G$ ومنه:

$$U = \alpha G = \alpha K_{eq} \sigma = \alpha K_{eq} (\lambda_{H_2O} + \lambda_{Cl})$$

$$U = \alpha G = \alpha K_{eq} \sigma = \alpha K_{eq} (\lambda_{H_2O} + \lambda_{Cl})$$

$$U = \alpha G = \alpha K_{eq} \sigma = \alpha K_{eq} (\lambda_{H_2O} + \lambda_{Cl})$$

$$U = \alpha G = \alpha K_{eq} \sigma = \alpha K_{eq} (\lambda_{H_2O} + \lambda_{Cl})$$

$$U = \alpha G = \alpha K_{eq} \sigma = \alpha K_{eq} (\lambda_{H_2O} + \lambda_{Cl})$$

$$U = \alpha G = \alpha K_{eq} \sigma = \alpha K_{eq} (\lambda_{H_2O} + \lambda_{Cl})$$

$$U = \alpha G = \alpha K_{eq} \sigma = \alpha K_{eq} (\lambda_{H_2O} + \lambda_{Cl})$$

$$U = \alpha G = \alpha K_{eq} \sigma = \alpha K_{eq} (\lambda_{H_2O} + \lambda_{Cl})$$

$$U = \alpha G = \alpha K_{eq} \sigma = \alpha K_{eq} (\lambda_{H_2O} + \lambda_{Cl})$$

$$U = \alpha G = \alpha K_{eq} \sigma = \alpha K_{eq} (\lambda_{H_2O} + \lambda_{Cl})$$

$$U = \alpha G = \alpha K_{eq} \sigma = \alpha K_{eq} (\lambda_{H_2O} + \lambda_{Cl})$$

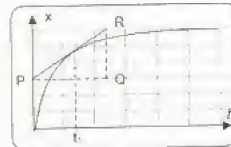
$$U = \alpha G = \alpha K_{eq} \sigma = \alpha K_{eq} (\lambda_{H_2O} + \lambda_{Cl})$$

3 - السرعة الحجمية وزمن نصف التفاعل

السرعة الحجمية تظهر أو اختفاء نوع كيميائي؛ تسمح دراسة ومتابعة تطور التحوّل بدلالة الزمن بتحديد التقدم x للتفاعل المتوافق للتحوّل في كل لحظة ورسم منحني تطوره من أجل الوصف الدقيق لتطور التحوّل ندخل مفهوم السرعة الحجمية للتفاعل والتي هي السرعة الحجمية $v(t)$ لتفاعل يتسم في حجم ثابت و ممتدح بتفاعل كيميائي في المشتق الزمني للتقدم x مقسوما على حجم مزيج التفاعل V :

$$v(t) = \frac{1}{V} \frac{dx}{dt} \text{ mol l}^{-1} \text{ s}^{-1} \text{ مشتق التقدم بالنسبة للزمن، وهو يمثل معامل توجيه}$$

منحني تطور التقدم عند الفاصلة t ،
رعة الحجمية في اللحظة t انطلاقا من منحنى يلي:



ميل المماس للمنحني عند t ،
يل المماس على الحجم V لمزيج التحوّل

$$\frac{dx}{dt} = \frac{Q}{t}$$

يحدد البياني لمعاملات توجيه المعاملات للمنحني $x = f(t)$ يسمح بمقارنة سرعات التفاعل فكأنما كان المعامل كبيرا كانت السرعة الحجمية للتفاعل كبيرة .

كثير النوع الكيميائي المتشكل هو $[A]$ فإن : $[A] = \frac{x}{V}$ ومنه : $v(t) = \frac{1}{V} \frac{dx}{dt} = \frac{d[A]}{dt}$ بدلالة الحجمية من البيان الذي يمثل تطور تركيز النوع الكيميائي (متفاعل أو ناتج) بدلالة t يمثل ميل المماس عند اللحظة المعبرة أي مشتق التركيز بالنسبة للزمن .
سرعة التفاعل بدلالة تراكيز الأنواع في المحلول في التفاعل التالي :



$$\text{سنواتج : } v(t) = \frac{1}{d} \frac{d[D]}{dt} , v(t) = \frac{1}{c} \frac{d[C]}{dt}$$

$$\text{متفاعلات : } v(t) = -\frac{1}{b} \frac{d[B]}{dt} , v(t) = -\frac{1}{a} \frac{d[A]}{dt}$$

$$v(t) = -\frac{1}{c} \frac{d[C]}{dt} = -\frac{1}{d} \frac{d[D]}{dt} = \frac{1}{a} \frac{d[A]}{dt} = \frac{1}{b} \frac{d[B]}{dt}$$

الحجمية دوما موجبة .

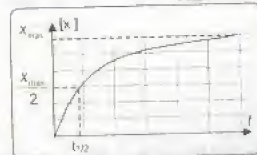
سرعة التفاعل أثناء التحوّل

في الصفر لما t يؤول إلى ما لانهاية .

من نصف التفاعل $t_{1/2}$

الزمنية اللازمة كي يصبح تقدم التفاعل

$$x_{t_{1/2}} = \frac{x_{\infty}}{2}$$



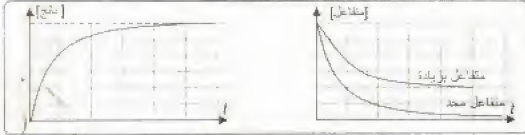
حول الشام فإن $x_{t_{1/2}} = x_{\infty} / 2$ عديد يمكن أن نقول أن زمن نصف التفاعل يمثل نسبة اللازمة كي يتم استهلاك نصف كمية المادة الابتدائية للمتفاعل المحد أو تشكل

نصف كمية المادة النهائية لتفاعل x_{∞} .

إن قيمة $t_{1/2}$ تسمح بتقدير المدة الزمنية اللازمة لإتمام التحوّل الكيميائي المدروس و الذي يوافق في الغالب عددا محدودا من $t_{1/2}$.

3.3 - منحنيات تطور التركيز أثناء تحول كيميائي

إن المتابعة الزمنية لتحوّل كيميائي تسمح بالحصول على تطور التركيز المولي أو كمية المادة لمتفاعل أو ناتج بدلالة الزمن ورسم منحنيات الموافقة .



4 - العوامل الحركية

تتغير المدة الزمنية لتطور جملة كيميائية بشكل معتبر تحت تأثير مجموعة من العوامل كنعى : عوامل حركية :

1-4 - تأثير درجة الحرارة :

تزداد سرعة تطور جملة كيميائية كلما ارتفعت درجة الحرارة فتنقص المدة الزمنية اللازمة لتطور التحوّل .

— يستعمل هذا العامل الحركي بشكل واسع في الحياة العادية وفي المخبر وفي الصناعة .

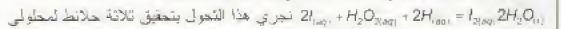
— يتم تسريع التفاعلات البطيئة برفع درجة حرارتها — يمكن جعل التحوّل بطيئا بخفض درجة

حرارته أو توقيفه فعند بوضع المزيج في درجة حرارة منخفضة أي وضعه في حمام جليدي و هو ما يعرف بعملية الإسفاء (trempé) .

2-4 - تأثير تراكيز المتفاعلات :

إن زيادة تركيز متفاعل أو عدة متفاعلات يؤدي إلى تسريع التفاعل و نقصان مدة التطور . تطبيق

تفاعل شوارد البود (I⁻) مع الماء الأكسجيني H₂O₂ وفق التفاعل :



بود التواسيوم (K₂S₂O₈ + I_{2(aq)}) المحمص و الماء الأكسجيني اللذين لها نفس التركيز المولي

الابتدائي في درجات الحرارة الموضحة في الجدول ثم نقيس المدة الزمنية اللازمة حتى

يصبح اللون الخلاط مائل للون محلول ثنائي

البود المحضر كمعيار .

1 - حدد ثنائيي الأكمدة أرباع الداخلين في التفاعل

واكتب المعادلتين التصفيين الموائقتين لهما .

2 - حدد المزيج الذي يأخذ لون محلول ثنائي البود

العياري بسرعة ثم بأصغر سرعة .

المزيج	A	B	C
درجة الحرارة	25	25	50
V(KI) mL	25	50	50
V(H ₂ O ₂) mL	25	50	50
V(H ₂ O) mL	50	0	0

تحلل :

1 - التسايلتان الداخلتان في التفاعل و المعادلتين التصفيين المتوائقتين لهما :

b- قيمة السرعة في اللحظة $t = 30 \text{ min}$:

يتمثل ميل المماس للمنحنى في النقطة الموافقة للفاصلة $t = 30 \text{ min}$:

$$v = \frac{d[I_2]}{dt} = \frac{BC}{AB} = \frac{(40 - 20) \cdot 10^{-3}}{45} = 4.4 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L} \cdot \text{min}^{-1} = 7.3 \cdot 10^{-6} \text{ mol/L} \cdot \text{s}^{-1}$$

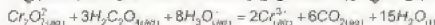
تمرين 4:

نحضر في المختبر المحاليل التالية:

— محلولاً محضاً لثنائي كرومات البوتاسيوم $(2K^+_{(aq)} + Cr_2O^{2-}_{(aq)})$ تركيزه المولي $1/60 \text{ mol/L}$.

— محلول مائي لحضض إيثان ثنائي اليوك (حمض الألكريك) $H_2C_2O_4$ تركيزه 0.6 mol/L .

ندرس تطور المزيج المتشكل من 50 cm^3 من محلول ثنائي كرومات البوتاسيوم و 50 cm^3 من محلول حمض إيثان ثنائي اليوك بدلالة الزمن والمعادلة المتعدجة للتحول تكتب كما يلي:



ثبتت درجة الحرارة عند 10°C ونتابع بواسطة المعايرة التطور الزمني للتركيز المولي لشوارد Cr^{3+} المشكلة أثناء التحول فحصل على البيان التالي:

(1) حسب كميات المادة الابتدائية لشوارد Cr^{3+} والحمض،
(2) أنجز جدولاً لتقديم التفاعل واستنتج التقدم الأعظمي.

(3) عبر عن هذه السرعة بدلالة $[Cr^{3+}]$.

(4) حدد بيانياً سرعة التفاعل عند $t = 50 \text{ s}$.

(5) فسر كيفياً تغير سرعة التفاعل خلال الزمن.

(6) حسب القيمة العددية النظرية التي ينتهي نحوها التركيز المولي لـ $Cr^{3+}_{(aq)}$ ، تحقق من أن القيمة

المتحصل عليها تتوافق مع البيان.

(7) حسب قيمة التركيز المولي لشوارد $Cr^{3+}_{(aq)}$ عند زمن نصف التفاعل.

(8) استنتج قيمة زمن نصف التفاعل.

الحل:

1/ حسب حساب كميات المادة الابتدائية لشوارد الكرومات وحمض إيثان ثنائي اليوك:

$$n(Cr_2O^{2-}_2) = [Cr_2O^{2-}_2] \times V_1 = (1/60) \times 50 \cdot 10^{-3} = 0.83 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n(H_2C_2O_4) = [H_2C_2O_4] \times V_2 = 0.6 \times 50 \cdot 10^{-3} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

b- أجزا جدولاً لتقديم التفاعل:

يكون التقدم الأعظمي هو ما

لأن عدم كميات المتفاعلات

فأجل المعنى يوافق التقدم

النهائي الأصغر للموافقات

للتفاعل المحد

$$\frac{0.83 - x_{eq}}{3 - 3x_{eq}} = 0 \Rightarrow \begin{cases} x_{eq} = 0.83 \text{ mmol} \\ 3 - 3x_{eq} = 0 \end{cases}$$

والتفاعل المحد هو شوارد ثنائي الكرومات، ومنه $x_{eq} = 0.83 \text{ mmol}$

(2) تعريف سرعة التفاعل: هي مشتق التقدم بالنسبة للزمن مقسوماً على حجم مزيج التفاعل

الاعل البطيء لأكسدة شوارد $I_{(aq)}$ بواسطة شوارد فوق أكسيد ثنائي كبريتات $S_2O^{2-}_{(aq)}$.

اعلان ينتهيان إلى الثنائيتين $I_{(aq)} + S_2O^{2-}_{(aq)} \rightarrow SO^{2-}_{4(aq)} + 2I_{(aq)}$.

في $t = 0$ نمزج حجماً $V_1 = 50 \text{ mL}$ لمحلول مائي ليود البوتاسيوم وحجماً $V_2 = 50 \text{ mL}$ من

في لوق أكسيد ثنائي كبريتات البوتاسيوم $2K_2S_2O_8 + S_2O^{2-}_{(aq)} \rightarrow 2K_2SO_4 + 2SO^{2-}_{4(aq)}$ باخذ اللوق

حجماً نظراً لتشكل ثنائي اليود I_2 .

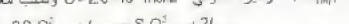
ما $V_2 = 10 \text{ mL}$ من المزيج عند مختلف

كما هو مبين في الجدول التالي:

المزيج مباشرة في أر لملامير يحتوي ماء وجليداً.

ثنائي اليود في محتوى المحلول المسحوب بواسطة محلول ثيوكبريتات الصوديوم

$(Na_2S_2O_3)$ تركيزه المولي $C = 2.0 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$ وتكتب معادلة المعايرة بالشكل:



التكايف V_2 لمحلول ثيو كبريتات الصوديوم اللازم لاستهلاك كل ثنائي اليود في

مسحوب.

المعادلات النصفية الموافقة للثنائيتين $I_{(aq)} + S_2O^{2-}_{(aq)} \rightarrow SO^{2-}_{4(aq)} + 2I_{(aq)}$.

معادلة الكيميائية للتفاعل المدروس.

عرف على استهلاك ثنائي اليود أثناء المعايرة؟

كتب الحجم المسحوب في الماء والجليد؟ كيف تسمى هذه العملية؟

عن $[I_2]$ بدلالة V_2 .

بيانياً تطور $[I_2]$ بدلالة الزمن.

عن سرعة التفاعل بدلالة $[I_2]$.

قيمة هذه السرعة في اللحظة $t = 30 \text{ min}$ ، عبر عنها بـ $\text{mol/L} \cdot \text{s}$.

المعادلتين النصفيتين: $2I_{(aq)} + S_2O^{2-}_{(aq)} + 2e = 2SO^{2-}_{4(aq)}$

معادلة الكيميائية للتفاعل: $2I_{(aq)} + S_2O^{2-}_{(aq)} = 2SO^{2-}_{4(aq)} + 2I_{(aq)}$

ف على استهلاك ثنائي اليود أثناء المعايرة لحظة زوا لونه.

حجم المسحوب في الماء والجليد لتوقيف التفاعل ونسمى هذه العملية: الاستعارة

عبارة $[I_2]$ بدلالة V_2

يكون $CV_2 = [I_2]V_2 \rightarrow [I_2] = \frac{CV_2}{V_2}$

لجنون ورسم البيان $[I_2]$ f(t):

التفاعل بدلالة $[I_2]$:

$[I_2]$ وباشتقاق الطرفين بالتسوية

على السرعة: $\frac{d[I_2]}{dt} = \frac{1}{V_2} \frac{dV_2}{dt}$

الجدول التالي:

البيانات التجريبية:

البيانات التجريبية:

البيانات التجريبية:

البيانات التجريبية:

البيانات التجريبية:

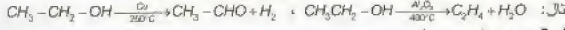
هو نوع كيميائي يزيد في سرعة التفاعل الكيميائي لكنه لا يظهر في معادلة التفاعل .
- لا يغير الوسيط من الحالة النهائية للتفاعل يؤدي إلى حالة توازن، فقط يتم بلوغ هذه الحالة بسرعة.
- في التفاعل العكسي يكون وسيط التفاعل المباشر هو نفسه وسيط التفاعل العكسي ولا يغير من مردود التفاعل .

1.5 - أنواع الوسيط :

- وسيط متجانس: هو الذي تكون حالته الفيزيائية مماثلة للحالة الفيزيائية للمفاعلات أي أن التفاعلات والوسيط تتواجد في طور واحد مثلاً أو غاز.
- وسيط غير متجانس: هو الذي تكون حالته الفيزيائية مختلفة عن الحالة الفيزيائية للمفاعلات، فالوسيط الصلب يكون تأثيره كبيراً كلما كان مجزأ أو بشكل مسحوق (زيادة سطح التلامس) .
- وسيط انزيمي: يتكون من جزيئات بيولوجية وغالباً ما تكون بروتينات والمفاعلات والوسيط تتواجد في نفس المحلول وبالتالي فالوسيط الانزيمي يشكل حالة خاصة من الوسيط المتجانس .

الوسيط الأنسيفاتي :

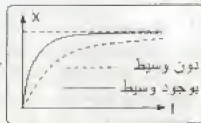
عندما يكون عدد كبير من نواتج التفاعل ممكن التشكل انطلاقاً من نفس المفاعلات، بإمكان وسيط مختار بشكل مناسب من انتقاء تفاعل يسمح بإنتاج النوع المرغوب فيه .



2.5 - دور الوسيط :

يغير الوسيط آلية التفاعل أي طبيعة المراحل التي تسمح بالمرور من المفاعلات إلى النواتج ويكون دوره حركي فقط فليس بإمكانه تغيير هيئة تطور التحول ولا حالة توازنه .

مثال :
يتفكك الماء الأكسجيني H_2O_2 إلى الماء وذاتي أكسجين O_2
و يتمذج التحول بمعادلة التفاعل: $2\text{H}_2\text{O}_{2(lg)} = 2\text{H}_2\text{O}_{(l)} + (\text{O}_{2(g)})$



هذا التفاعل بطيء جداً يمكن تسريعه بوجود شوارد الحديد الثلاثي Fe^{3+} والتي يبقى لونها كما هو قبل وبعد التفاعل مما يبين أن Fe^{3+} لم تتأثر، فقط لعبت دور الوسيط الذي يسرع التفاعل.

3.5 - أهمية العوامل الحركية :

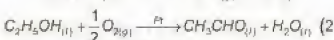
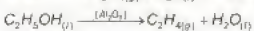
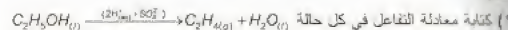
تتمثل أهمية العوامل الحركية في تسريع التفاعل إما برفع درجة حرارة المزيج أو بزيادة تركيز المفاعلات وإدخال وسيط مناسب فيعوض التفاعلات البطيئة في درجة الحرارة العادية يمكن تسريعها برفع درجة حرارتها، وتخفيض درجة حرارة بعض التحولات يؤدي إلى إبطائها أو توقيفها، فالتخفيض الفجائي لدرجة الحرارة يوقف سريان التفاعل، ويمكن إجراء عملية الإسخاء في الماء الجليدي من أجل توقيف التفاعل قبل إجراء القياس .

مثال :

تخفف الأغذية في الثلاجة لتجنب اتلافها بسبب الأحياء الصغيرة التي تؤدي إلى تفاعلات اتلافها، وتوقيف هذه التفاعلات يتم بتخفيض درجة حرارتها.
تتحلل أهمية الوسيط في أن أغذية طرق الاستخلاص للصناعات تستعمل وسائط تسرع التفاعلات وتقلل درجة الحرارة ونقل الطاقة المستهلكة وبالتالي تخفضن تكلفة الإنتاج وتحسين ظروف العمل.

- يمكن الحصول على الإيثانول بترزغ الماء من الإيثانول بوجود حمض الكبريت أو أكسيد الألمنيوم كوسيط صلب O_2 و H_2 .
اكتب معادلة التفاعل في كل حالة.
- يمكن الحصول على الإيثانول بأكسدة الإيثانول بواسطة أكسجين الهواء بوجود البلاتين (Pt) .
اكتب معادلة التفاعل.
- ما هي خواص الوسائط التي تظهرها التفاعلات السابقة ؟

الحل:



- يمكن الحصول على نواتج مختلفة بحسب الوسيط المستعمل وهذا يوضح انتقائية الوسيط.

تمرين 2:

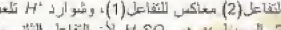
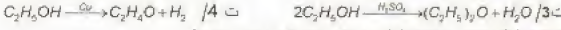
تحقق التجارب الأربع التالية:

- تجربة 1: تسخين الإيثانول في الدرجة 160°C ماذا يمكن قوله عن التفاعلات التي تحدث في التجهيز ؟ 2: ما دور شوارد H^+ في التجربة 1؟
2- حدد مع التعليل الوسيط γ الذي يمكن استعماله في التجربة 2.
- 3- ما معيزات الوسيط الذي تظهره التجريبتين 1 و 4 ؟
- 4- ما الفرق بين وسيطي التجريبتين 3 و 4 ؟
- 5- ماذا يمكن قوله عن التجريبتين 1 و 3 ؟ هل يوضحان الدور الانتقائي للوسيط ؟

بوجود معدن النحاس Cu يتكون الإيثانال.

الحل:

(1) كتابة المعادلات الموافقة للتفاعلات الأربع:



التفاعل (2) معاكس للتفاعل (1)، وشوارد H^+ تلعب دور الوسيط.

2. الوسيط γ هو H_2SO_4 لأن التفاعل الثاني معاكس للتفاعل الأول.

3. انتقائية الوسيط.

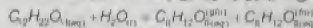
4. التجربة 3: وسيط متجانس ، التجربة 4: وسيط غير متجانس

5. تفاعلان لهما نفس الوسيط وبخلاف في درجة الحرارة فقط.

تمرين 3:

إن تفاعل شوارد اليود $\text{I}_{2(aq)}$ مع شوارد اليودات IO_3^- بطيء جداً، ويكون لحظياً في وجود شوارد H_2SO_4 فيأخذ المحلول لوناً يبي مباشرة والذي يعود لثنائي اليود I_2 فالتأنيثان الداخليان في التفاعل هما: I_2 و IO_3^- و I^- .

نموذج السكرور فصل على الطور والمواد ومعادلة التفاعل كتبت:



نريد تحضير حجم $V = 100 \text{ mL}$ من محلول السكرور تركيزه 1.00 mol/L .

1- اقترح طريقة تجريبية لخطا من محلول سكرور تركيزه 684 g/L ونضيف إلى هذا المحلول كمية من الحمض ونعطي التناضح المفضل عليها في الجدول التالي:

t (min)	0	40	80	120	160	190	220
Glu (mol/L)	0	0.135	0.250	0.350	0.440	0.500	0.550
s (mol/L)							

2- ما دور الحمض؟

3- ارسم المنحنى الذي يمثل تركيز محلول الفلوكوز [S] بدلالة الزمن.

4- احسب سرعة التفاعل في اللحظة $t = 0$.

5- احسب زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$.

الحل:

(1) تركيز المحلول الابتدائي هو 684 g/L ، ولدينا $M_{C_6H_{12}O_6} = 342 \text{ g/mol}$

$$C_0 = n/V = 2/1 = 2 \text{ mol/L} \quad \text{ومنه التركيز الابتدائي: } n = m/M = 684/342 = 2 \text{ mol}$$

من أجل تحضير محلول سكرور حجمه $V = 100 \text{ mL}$ تركيزه $C = 1.00 \text{ mol/L}$ نجد حجم السكرور الابتدائي الذي يجب استعماله، من أجل ذلك نطبق علاقة التمدد:

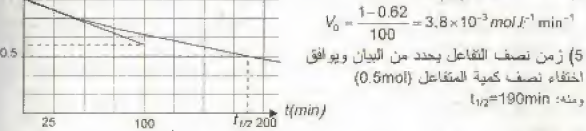
$$CV = C_0V_0 \Rightarrow V_0 = \frac{CV}{C_0} = \frac{1 \times 100 \cdot 10^{-3}}{2} = 5.10^{-2} \text{ L}$$

نسكب من المحلول الابتدائي في حرجة عيارية سعتها 100 mL حجما $V_1 = 50 \text{ mL}$ بواسطة مخبر مدرج ثم نضيف إليه الماء النقي حتى خط العيار.

(2) يلبع الحمض دور الوسيط (وسيط متجانس) لأن الجملة في حالة طور واحد سائل.

t (min)	0	40	80	120	160	190	220
Glu (mol/L)	0	0.135	0.250	0.350	0.440	0.500	0.550
[S] (mol/L)	2.00	1.865	1.750	1.650	1.560	1.500	1.450

(3) يكمل الجدول ورسم المنحنى:



تمرين 6:

رقم التجربة	1	2	3	4
$[I^-] (\text{mol/L})$	0.02	0.02	0.04	0.02
$[S_2O_8^{2-}] (\text{mol/L})$	0.01	0.01	0.02	0.01
درجة الحرارة	20	20	35	35
الوسيط	لا شيء	م كبريتات الحديد الثنائي	لا شيء	لا شيء

لدرس حركية أكسدة شوارد اليود بواسطة شوارد فوق أكسيد ثنائي كبريتات والتي معادلته:

$$2I_{(aq)} + S_2O_8^{2-} \rightleftharpoons I_{2(aq)} + 2SO_4^{2-}$$

تطور كميات المتفاعلات و النواتج

(2) ما دور شوارد H_{aq} في التفاعل.

(3) اعط عبارة سرعة التفاعل.

الحل:

(1) تلعب شاردة اليودات $IO_{3(aq)}$ دور مؤكسد وفق التفاعل: $IO_3 + 6H^+ + 5e^- = \frac{1}{2}I_2 + 3H_2O$

(2) تلعب شوارد H_{aq} دور الوسيط فهي تسرع التفاعل.

(3) عبارة سرعة التفاعل: $v = \frac{1}{V} \frac{dx}{dt}$ حيث x هو تقدم التفاعل.

تمرين 4:

نحقق تجريبيا تفاعل أكسدة شوارد I_{aq} بشوارد فوق أكسيد ثنائي كبريتات $S_2O_8^{2-}$ في المحلول

المائي فتنتج شوارد الكبريتات وثاني اليود، وتلعب شوارد الحديد Fe^{2+} دور الوسيط في هذا

التفاعل، حيث نضع في كأس بيتر 20 mL من محلول فوق أكسيد ثنائي كبريتات البوتاسيوم

$2K_2S_2O_8 + S_2O_8^{2-}$ تركيزه 0.2 mol/L و 20 mL من محلول يود البوتاسيوم $K_{aq} + I_{aq}$ تركيزه

أيضا 0.2 mol/L ثم نضيف إلى المزيج 1 mL من كبريتات الحديد الثنائي $Fe^{2+}_{(aq)} + SO_4^{2-}$ فيقلاظ

شكل Fe^{3+} بشكل مؤقت (لون بني باهت).

(1) ما ثنائيات الأكسدة الأرجاعية الداخلة في التفاعل؟

(2) اكتب معادلة التفاعل.

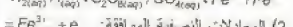
(3) ما نوع الوسيط المستعمل؟

(4) اقترح تفسيرا يخص ملاحظة شكل شوارد Fe^{3+} بشكل مؤقت.

(5) ما تركيز شوارد الحديد الثنائي في نهاية التفاعل؟

الحل:

(1) ثنائيات الأكسدة الأرجاعية الداخلة في التفاعل:



(2) المعادلات النصفية الموافقة: $(1) \dots Fe^{2+} = Fe^{3+} + e^-$ و $(2) \dots 2I_{(aq)} + 2e^- = I_{2(aq)}$



نجمع 2، 3 نجد: $S_2O_8^{2-} + 2I_{(aq)} = I_{2(aq)} + 2SO_4^{2-}$

نجمع 1، 3 نجد: $S_2O_8^{2-} + Fe^{2+} = 2Fe^{3+} + 2SO_4^{2-}$

نجمع 2، 4 نجد: $bI_{2(aq)} + 2Fe^{2+} = I_{2(aq)} + Fe_2^{2+}$

بجمع a و b طرفا لطرف نجد: $S_2O_8^{2-} + 2I_{(aq)} = 2SO_4^{2-} + I_{2(aq)}$

وهذا يبين تولد شوارد الحديد (II) من حديد والذي يلبع دور الوسيط في هذا التفاعل.

(4) تتأكسد شوارد الحديد (II) في شوارد حديد ثلاثي التي يميزها اللون البني الباهت الذي يظهر

بشكل مؤقت ثم يختفي.

(5) تركيز شوارد الحديد الثنائي في نهاية التفاعل: $C_{Fe^{2+}} = n_{Fe^{2+}} / V$ حيث V حجم

$$C_{Fe^{2+}} = \frac{C_{Fe^{2+}} \times V_2}{V_1 + V_2 + V_3} = \frac{0.1 \times 1 \times 10^{-3}}{(20 + 20 + 1) \times 10^{-3}} = 2.4 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

$$C_{Fe^{2+}} = \frac{0.1}{41} = \frac{1}{410} = 2.4 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

تطور كميات المتفاعلات و النواتج

$$C_{H_2O_2} V = 0,02 \times 1 = 0,02 \text{ mol}$$

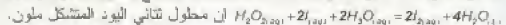
$$n_{C_2H_5OH} = 0,32 \text{ mol}$$

$$n_{C_2H_5OH} = 0,68 \text{ mol} \quad n_{H_2O} = 2 \times 0,68 = 1,36 \text{ mol}$$

ومنه تركيب المزيج النهائي هو نفسه مهما كان الوسيط.

تمرين 8

نقترح دراسة حركية تحول كيميائي بطيء، لنحلل الماء الأكسجيني بواسطة شوارد اليود بوجود حمض الكبريت، ونعتبر المحال تاماً. معادلة التفاعل النموذج للتحول المدروس تكتب:



الدراسة النظرية للتفاعل:

a/ عرف المؤكسد والمراجع.

b/ ما هما الثنائيتان ox/red الداخلتان في التفاعل؟

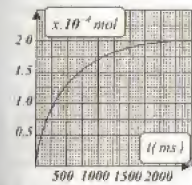
ج/ متابعة التحول الكيميائي:

في اللحظة $t=0s$ نمزج 20,0 mL من محلول يود البوتاسيوم تركيزه المولي 0,1 mol/L المحمض بمحلول الكبريت الذي موجود بزيادة، مع 800 mL من الماء و 200 mL من الماء الأكسجيني تركيزه المولي 0,1 mol/L.

$[I_2]$	0	126	434	682
$[I_2]$	0	174	406	516
$[I_2]$	930	1176	1420	90
$[I_2]$	584	626	636	

سُكِّت طريقة تجريبية معينة من قياس التركيز $[I_2]$

ثنائي اليود المتشكل خلال أزمنة مختلفة فحصلنا على الجدول:



a/ هل المزيج الابتدائي في نسبة ستوكيومترية؟

b/ أنجز جدولاً لتقدم للتفاعل الكيميائي.

c/ أوجد العلاقة بين $[I_2]$ والتقدم x للتفاعل الكيميائي.

d/ حدد التقدم الأعظمي ثم استنتج القيمة النظرية للمزيج ثنائي اليود المتشكل عند نهاية التفاعل.

e/ يمثل البيان المرفق تغيرات التقدم x للتفاعل بدلالة الزمن.

f/ ما تركيب المزيج المتفاعل عند اللحظة $t = 300s$ ؟

كيف تتميز السرعة الحجمية للتفاعل؟ عل.

g/ ما العامل الحركي المسؤول عن هذا التغير؟

h/ عرف زمن نصف التفاعل ثم حدده.

الحل:

a/ المؤكسد: هو كل فرد كيميائي يكتسب إلكترونات أو أكثر.

المراجع: هو كل فرد كيميائي يفقد إلكترونات أو أكثر.

b/ الثنائيتان ox/red الداخلتان في التفاعل هما:

$$I_{2(aq)} + I_{(aq)} + H_2O_{2(aq)} + H_2O_{(l)} = 2I_{(aq)} + 2H_2O_{(l)}$$

$$n_2 = n_{K_2} = C \cdot V = 20 \cdot 10^{-3} \times 0,1 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n_1 = n_{H_2O_2} = C \cdot V = 2 \cdot 10^{-3} \times 0,1 = 2 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

عدد مولات الماء الأكسجيني: $n_1 = 2 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$

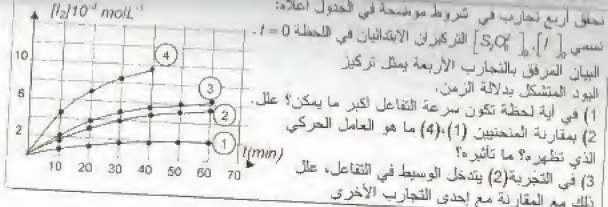
$n_2 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ فالزميز ستوكيومترية.

ج/ جدول التقدم:

المادة	$H_2O_{2(aq)} + 2I_{(aq)} + 2H_2O_{(l)} = 2I_{(aq)} + 2H_2O_{(l)}$	H_2	I_2	O	D
x	$x=0$	n_1	n_2	0	0
x	x_t	$n_1 - x_t$	$n_2 - 2x_t$	$2x_t$	$4x_t$

d/ العلاقة بين $[I_2]$ والتقدم x هي: $[I_2] = x/V_t$

حيث: $V_t = 30 \text{ mL}$



الحل:

1- تكون سرعة التفاعل أكبر ما يمكن في اللحظة $t=0$ لأن ميل المماس للمنحنى عند تلك اللحظة يكون أكبر ما يمكن.

2- العامل الحركي الذي تبرزه هو درجة الحرارة ففي التجربة (1) $t_1 = 20^\circ C$ وفي التجربة (4) $t_4 = 35^\circ C$ ، يفصل تأثير درجة الحرارة في زيادة سرعة التفاعل.

3- الوسيط يسرع التفاعل في التجربة (2) مقارنة مع التجربة (1) الموافقة لها في التركيزين الابتدائيين.

تمرين 9:

إن تفاعل لياهة البولة يمدج بالمعادلة:



يتم التحول عند الدرجة $37^\circ C$ تحت حجم ثابت $V = 1,0 L$ وتتابع تركيز البولة C بدلالة الزمن فحصلنا على البيان:

تمت الدراسة بوجود وسيط غير عضوي ثم بوجود الإنزيم (Urease).

1- قارن بين سرعتين الحيميتين للتفاعلين في كل لحظة حيث $t < 40 \text{ min}$ ، ما هو الوسيط الأكثر فعالية؟

2- ماذا يمكن القول عن التفاعل بوجود الأنزيم بعد $t = 60 \text{ min}$ ؟

3- ماذا يمكن القول عن تركيب مزيج التحول بوجود الإنزيم عند اللحظة $t = 60 \text{ min}$ ؟

4- ما تركيب المزيج عندما ينتهي التحول؟

الحل:

1- السرعة الحجمية لاختفاء البولة في كل حالة:

$$\frac{dc}{dt} = -\frac{1}{V} \frac{dx}{dt} = -\frac{1}{V} \frac{dn_{C_6H_{12}O_6}}{dt} = -\frac{dc}{dt}$$

من أجل $t < 40 \text{ min}$ فإن التفاعل الذي يكون فيه الأنزيم وسيطاً هو الأسرع.

2- ابتداء من $t = 60 \text{ min}$ تصبح سرعة التفاعل بوجود الأنزيم معدومة.

3- تركيب المزيج بوجود الأنزيم عند اللحظة $t = 60 \text{ min}$ نحصل على تركيب المزيج بالإنجاز

الجدول الوصفي لتطور

التحول: $C_0 = 1,0 \text{ mol/L}$, $V = 1,0 L$

كمية البولة المتبقية و

تركيزها عند نهاية التحول:

من البيان نجد:

المادة	$C_6H_{12}O_6 + 2H_2O_{(l)} = 2C_3H_6O_3 + CO_{2(g)}$	$C_6H_{12}O_6$	H_2O	$C_3H_6O_3$	CO_2
كمية المادة (mol)	$n = C_0 V$	x	$2x$	$2x$	x
تقدم	$n - x$	$2x$	$2x_0$	x_1	

بداء من جدول التقدم: إذا كان الماء الأكسجيني هو المتفاعل المحد للقيمة النهائي:

$n(s)$	0	30	60	90	120	150	180	210
$x(mmol)$	0	1.89	3.78	4.75	6.17	7.59	8.46	9.46
$t(s)$	270	300	330	360	390	420	450	480
$x(mmol)$	13.2	101	114	120	12.4	12.8	13.2	13.2

$$n_{H_2} = 2x_{max} = 26.4mmol$$

3/ تمثيل البيان $x = f(t)$:

زمن نصف التفاعل: عند زمن نصف التفاعل:

$$x = x_{max}/2 = 6.6mmol$$

ومن البيان نجد أن $t_{1/2} = 130s$:

c/ سرعة التفاعل عند $t_{1/2} = 130s$ فإن:

$$v(t_{1/2}) = \frac{1}{V} \frac{dx}{dt} = \frac{5.6 \times 2}{0.11 \times 250} = 0.40 mmol \cdot L^{-1} \cdot s^{-1}$$

$$v(195) = \frac{1}{V} \frac{dx}{dt} = \frac{4.6 \times 2}{0.11 \times 300} = 0.28 mmol \cdot L^{-1} \cdot s^{-1}$$

سرعة التفاعل عند $t = 5t_{1/2}$: يصل التحول إلى حالته النهائية، وسرعة التفاعل تصبح معدومة.

تمرين 10

نفرع عذسات التلاصق اللينة بوسيا من أجل صيانتها ويتطلب ذلك مرحلتين:

- تنظيفها بواسطة محلول فوق أكسيد الهيدروجين من أجل التخلص من الجراثيم الحسية للمرض.

- إزالة فوق أكسيد الهيدروجين حتى يمكن إعادة استعمال العذسة دون خطر.

نقترح دراسة حركية تفكك فوق أكسيد الهيدروجين في محلول يستعمل من أجل تعقيم وتنظيف عذسات

التلاصق بوجود وسيط.

المعطيات: بطلاقة المحلول التجاري للتعقيم أو للتنظيف:

- فوق أكسيد الهيدروجين $3.1g$.

- ماء نقي مضاف من أجل الوصول إلى حجم كلي للمحلول قدره $100mL$.

1- تحضير المحلول S:

أ- ما تركيز المحلول C_0 لفوق أكسيد الهيدروجين H_2O_2 للمحلول التجاري الذي نرمز له S_0 ؟

2) صف في بضعة أسطر الطريقة التجريبية المتبعة انطلاقا من S_0 لتحضير $200mL$ من

محلول S تركيزه بفوق أكسيد الهيدروجين $C_0 = 9.1 \times 10^{-2} mol \cdot L^{-1}$

II - تعقيم الوسيطين المستعملين لتفكك فوق أكسيد الهيدروجين: يستعمل بالتوازي وسيطين:

- البلاتين الصلب يوضع بشكل مسطح على حامل بلاستيكي، وتقزم ينحل في الماء (catalase).

1) عرف الوسيط.

2) لماذا نقول أن البلاتين وسيط غير متجانس؟

III - دراسة حركية التفاعل:

تمت الدراسة في درجة حرارة لطيفة، ندخل في اللحظة $t = 0$:

- البلاتين في عينة من محلول S نرمز لها 1-

- الأثر في عينة من محلول S نرمز لها 2-

حجم كل عينة يساوي $V_0 = 50mL$.

يتفكك فوق أكسيد الهيدروجين في كل عينة إلى ماء و داي أكسجين حسب معادلة التفاعل:



بداء من جدول التقدم: إذا كان الماء الأكسجيني هو المتفاعل المحد للقيمة النهائي:

$$2.10^{-4} - x_{max} = 0 \rightarrow x_{max} = 2.10^{-4} mol$$

إذا كان ثنائي اليود هو المتفاعل المحد فإن: $1.10^{-4} mol = x_{max} - 2 \times 10^{-4}$

منه التقدم الأعظمي يوافق القيمة الأصغروهي: $x_{min} = 1.10^{-4} mol$

ستنائج القيمة النظرية لتركيز ثنائي اليود:

$$[I_2] = n_2 / V_f = 2.10^{-4} / 30.10^{-3} = 6.7 \times 10^{-3} mol / L$$

a/ تركيب المزيج المتفاعل عند اللحظة $t = 300s$ عند $t = 300s$ فإن:

$$x = 0.9.10^{-4} mol$$

ومنه تركيب المزيج:

$$n(I_2) = 0.09mmol, n(H_2O_2) = 0.2 - 0.09 = 0.11mmol, n(f) = 1.82mmol$$

b/ السرعة الحجمية للتفاعل $v = \frac{1}{V} \frac{dx}{dt}$ حيث $\frac{dx}{dt}$ يمثل ميل المماس عند اللحظة t وبما أن قيمته

تتناقص مع الزمن فإن السرعة الحجمية تتناقص أيضا مع الزمن.

العامل الحركي المسؤول عن هذا التغير هو تركيز المتفاعلات.

c/ تعريف زمن نصف التفاعل: هو المدة الزمنية ليلو غ التقدم نصف قيمته النهائية وقيمته من

$$t_{1/2} = 300s$$

تمرين 9

يحتوي محلول ماء الجافيل على شوارد الهيبوكلوريت ClO^- و شوارد Cl^- و شوارد XO^- شاردة

الهيبوكلوريت تنتمي إلى الثنائية ClO^- / Cl^- والماء إلى الثنائية O_2 / H_2O ، يتأكسد ClO^- ببطء

و يوجد شوارد الكوبالت Co^{2+} يكون تفاعل الأكسدة - إرجاع سريعا.

1/ أكتب المعادلات التصفية الأيونية للأكسدة - إرجاع الموافقة للثلاثيتين السابقتين واستنتج

معادلة الأكسدة إرجاع بين شاردة الهيبوكلوريت والماء.

2/ لدراسة سرعة تفكك ماء الجافيل نفيس حجم ثنائي الأكسجين الناتج عند $20^\circ C$ وضغط

$101.3hPa$. في اللحظة التي وضعنا فيها شوارد الكوبالت Co^{2+} حصلنا على النتائج التالية:

$t(s)$	0	30	60	90	120	150	180	210
$v(O_2)/mL$	0	45	79	114	148	175	203	227
$t(s)$	240	270	300	330	360	390	450	480
$v(O_2)/mL$	248	264	273	288	298	306	316	316

وكمية المادة الابتدائية n_0 شوارد ClO^- . يعطى: $V_0 = 24.10^{-3} L \cdot mol^{-1}$

a/3 مل بيانيا التقدم x بدلالة الزمن t .

b/ حدد زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$.

c/ حدد سرعة التفاعل عند اللحظة $t_{1/2} = 195s$.

ما قيمة سرعة التفاعل عند اللحظة $5t_{1/2}$ ؟ حجم ماء الجافيل المستعمل: $V = 0.11L$.

الحل

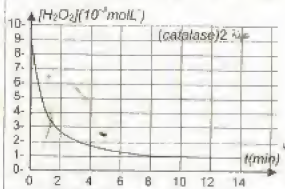
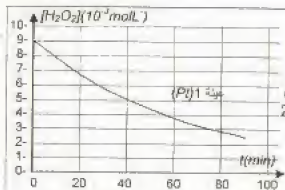
1/ شادلتان $1 \times 2H_2O = O_2 + 4H^+ + 4e^-$

التصفيتان: $2 \times ClO^- + 2H^+ + 2e^- = H_2O + Cl^-$

المعادلة الاجمالية: $2ClO_{(aq)} = 2Cl_{(aq)} + O_{2(g)}$

ح ا	n_0	0	0
ا ت	$n_0 - x$	$2x$	x
ح ح	$n_0 - x_{max}$	$2x_{max}$	x_{max}

a/ جدول التقدم:



تحدد في مختلف التفاعلات حجم ثاني أكسيد
 $V(O_2)$ ثم نستنتج تركيز فوق أكسيد الهيدروجين
 المتبقى. نرسم المنحنى الذي يعطي تركيز فوق
 أكسيد الهيدروجين المتبقى بدلالة الزمن $[H_2O_2]=f(t)$
 فنحصل على المنحنيين الموضحة في الشكلين 1، 2
 1. استنتج العلاقة التي تسمح بحساب تركيز فوق
 أكسيد الهيدروجين المتبقى في اللحظة t
 بدلالة حجم ثاني الأكسجين المنطلق.
 2. عرف سرعة تفاعل تفكك فوق أكسيد
 الهيدروجين في اللحظة t كيف تحددها تجريبيا؟
 3. حدد قيمته من أجل العيينتين بيانيا في
 اللحظة $t=0$.
 4. ما هو العامل الحركي الذي يحدد تطور
 السرعة خلال الزمن ؟
 5. حدد زمن نصف التفاعل من أجل كل عينة باهلي
 الطريقة التجريبية التي تقود إلى التعقيم السريع ؟
 الحجم المولي في شروط التجربة 24L/mol

الحل:

1) تركيز المحلول التجاري لثاني أكسيد الهيدروجين $C_{S_0} = \frac{n}{V} = \frac{m}{M_{H_2O_2}}$

$C_{S_0} = \frac{m}{MV_{H_2O_2}} = \frac{3.1}{34 \times 0.1} = 9.1 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$

2) نحدد أولا حجم المحلول الذي يجب أخذه V_p من المحلول الأم ، لتحضير حجم 200mL تركيزه $9.1 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ ، وذلك بتطبيق علاقة التمديد

$C_{S_0} V_{S_0} = C_S V_p \rightarrow V_p = \frac{C_{S_0} V_{S_0}}{C_S} = \frac{9.1 \times 10^{-2} \times 200}{9.1 \times 10^{-1}} = 20 \text{ mL}$

نأخذ 20cm³ من المحلول الأم بمخبر مدرج ثم نضيفه في حوض عيارية سعته 200mL ونكمل الحجم بالماء المقطر حتى خط العيار ، ثم نسد الحوض بإحكام ونرجعها حتى يتجانس المحلول.
 1.1 تعريف الوسيط: هو نوع كيميائي يزيد من سرعة اختفاء المتفاعلات (أو مخرعة تشكل الناتج) دون أن يتشكل في معادلة التفاعل.

2) البلاطين وسيط غير متجانس لأنه يشكل مع وسط التحويل طورين مختلفين.
 1.1.1 استنتاج العلاقة التي تسمح بحساب تركيز فوق أكسيد الهيدروجين المتبقى بدلالة حجم الأكسجين المنطلق:

المعدلة	$2H_2O_2 = O_2 + 2H_2O$
كميات المادة (mol)	0 0 0
تقدم	$n_0 = C_{S_0} V_{S_0}$
تستهلك	$n_0 - 2x$
تنتج	$x \quad 2x$

ننجز جدولاً لتطور التفاعل:
 كمية الأكسجين المتشكل $x = \frac{V_{O_2}}{V_m}$
 الأكسجين المتبقى $n(H_2O_2) = n_0 - 2x$
 بنسبة الطرفين على حجم المحلول V_0 فإن:

$[H_2O_2] = C_S - 2x / V_S$ ومثله: $\frac{n(H_2O_2)}{V_S} = \frac{n_0 - 2x}{V_S} = \frac{n_0}{V_S} - \frac{2x}{V_S}$

2. سرعة تفكك فوق أكسيد الهيدروجين في اللحظة t هي: $V(t) = -\frac{d[H_2O_2]}{dt}$

ونحدد قيمتها برسم المعاص للمنهني في اللحظة t المعبرة ثم نحسب ميله الذي يمثل قيمة السرعة
 3. تحديد قيمة السرعة من أجل العيينتين في اللحظة $t=0$:

العينة 1: $V_{01} = 2.5 \cdot 10^{-6} \text{ mol.L}^{-1} \text{ s}^{-1}$

العينة 2: $V_{02} = 7.5 \cdot 10^{-6} \text{ mol.L}^{-1} \text{ s}^{-1}$

4. يلعب الوسيط هنا دور العامل الحركي، فبما الوسيط المختار تكون سرعة التفاعل أكبر أو أقل.
 5. تحديد زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ من أجل كل عينة.

زمن نصف التفاعل هو الزمن الذي يوافق اختفاء نصف المتفاعل الابتدائي والذي يوافقه $[H_2O_2] = C_{S_0} / 2 = 0.91 / 2 = 0.455 \text{ mol.L}^{-1}$

والذي يوافقه على المنحنيين: العينة 1: $t_{1/2} \approx 40 \text{ min}$ ، العينة 2: $t_{1/2} \approx 1 \text{ min}$
 ومقارنة الزمنين تبين أن الطريقة التجريبية التي تعود إلى التعقيم السريع هي الموافقة لاستعمال الأثر.

تعبير 1 (تجريبية)

1 - ندرس حركية التفاعل البيئي لتفكك الماء الأكسجيني بواسطة شوارد اليود بوجود حمض الكبريت
 • يتنجم هذا التحول بالمعادلة: $H_2O_{2(aq)} + 2I_{2(aq)} + 2H_2O_{(aq)} = I_{2(aq)} + 4H_2O_{(aq)} \dots (1)$

نخرج في اللحظة $t=0$ محلول يود يوتايوسيوم $I_{2(aq)} + I_{(aq)}$ مع الماء الأكسجيني ونعتبر أن شوارد اليود و شوارد الكروميوم موجودة بوفرة وقائلي اليود هو النوع الوحيد الملون ونتابع بواسطة تجهيز مناسب التطور الزمني لـ $[I_2]$ الناتج فنحصل

على البيان التالي:
 1 - بين أن التفاعل الحاد هو تفاعل أكسدة إرجاعية، وحدد الشاتيتين الداخليتين فيه

2 - اقترح تقنية متابعة لحركية التحول المدروس مع تعاقب اختبارات، ماهي الأدوات والأجهزة التي يمكن استعمالها ؟

3 - كيف تتطور تراكيز الأنواع المدروسة خلال الزمن ؟

4 - عرف السرعة الحجمية للتفاعل و قارن قيمتها في الحقتين $t = 1000 \text{ s}$ ، $t = 200 \text{ s}$ ، كيف يمكن حسابها من البيان ؟

5 - ظل تطور سرعة التفاعل ، ماهو العامل الحركي المؤثر ؟

6 - كيف يصبح المنحنى إذا سخن المزيج في درجة عالية من الحرارة ؟ قارن بين زمني نصف التفاعل . الحل:

1- شوارد اليود تتحول إلى ثاني اليود $2I_{2(aq)} = I_{2(aq)} + 2I_{(aq)}$ فالتحول هو تفاعل أكسدة إرجاعية والثاتيتين الداخليتين في التفاعل هما: $H_2O_{2(aq)} / H_2O_{(aq)}$ و $I_{2(aq)} / I_{(aq)}$

2 - بما أن ثاني اليود نوع ملون فيمكن متابعة تطوره في كل لحظة عن طريق المعايرة اللونية. باستخدام محلول ثيوكيريتات الصوديوم $(S_2O_3^{2-}, Na_2S_2O_3)$ بعد إيقاف التفاعل ، والأدوات المستعملة: سحاحة، كؤوس بيشتر، محرك مغناطيسي، ماصة.

3- يتضح من البيان أن تركز ثاني اليود يزداد خلال الزمن وهو أحد نواتج التفاعل والماء الأكسجيني يستهلك وتركيزه يتناقص بالتدريج وشوارد كل من اليود والأكسجين موجودة بالترادة والماء يلعب دور متذبذب .

4- سرعة التفاعل : $v = \frac{1}{V_T} \frac{dx}{dt}$ ، x : التقدم و V_T الحجم الكلي للمحلول . ويمكن أن نغير عنها أيضا

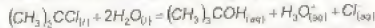
ب- $v = \frac{d[I_2]}{dt}$ وقيمة السرعتين في المحلطين من البيان بعد رسم المماسين هما:

$$v(1000s) = \frac{1}{1500} = 7.0 \times 10^{-4} \text{ mmol.L}^{-1} \text{S}^{-1} , v(200s) = \frac{1}{400} = 2.5 \times 10^{-3} \text{ mmol.L}^{-1} \text{S}^{-1}$$

5- تتناقص السرعة خلال الزمن حتى نتقدم بسبب العامل الحركي (تركيز المتفاعل)
6- يسمح تسخين المزيج من الوصول سريعا إلى نهاية التحويل وهو عامل حركي آخر وزمن نصف التفاعل يتناقص والتسخين لا يغير من نهاية التحويل فالبيان في هذه الحالة يكون أعلى من بيان النص مع وصولهما إلى نفس الخط المقارب .

تمرين 12 (تجربي)

II - أن إجابة 2- كلورو 2- مثيل بروبان ذو الصيغة $(CH_3)_2C-Cl$ هو تحول بطيء جدا وتام والذي يؤدي إلى تشكل الكحول والمعالجة المنفصلة للتحول هي :



1- أجز جدولا لتقدم التفاعل واعط اسم الكحول المتشكل، نذكر أن n_0 هي الكمية الابتدائية لـ $(CH_3)_2C-Cl$.

2- تتم متابعة التحويل عن طريق قياس الناقية. ذكر مبدا المتابعة الحركية و حدد الأنواع المسؤولة عن مرور التيار.

3- تعتبر أن شدة التيار المقاسة في هذه التجربة بجهاز الأسير- متر تتناسب طردا مع تركيز شوارد الأكسونيوم $H_3O_{(aq)}^+$ وأيضا مع تركيز الكحول. علل هذه المساواة .

4- أعط العلاقة الرياضية بين شدة التيار i وتركيز الكحول $[alcohol]$ وحددة ثابت التناسب.

5- سمحت نتائج القياس برسم البيان المرفق.

a- استنتج زمن نصف التفاعل بعد تعريفة .

b- في بداية التجربة هل سرعة الكحول معدومة، عظمية، صغرى؟ علل.

c- كيف يمكن تسريع التحويل؟

d- حدد قيمة n_0 علما أن المزيج الابتدائي نتج عن إذابة n_0 في 100mL من الماء .

الحل :



المعاملة	$RCl + 2H_2O_{(l)} \rightarrow ROH + H_3O_{(aq)}^+ + Cl_{(aq)}^-$					
	كميات المادة mmol					
ج	0	0	0	0	0	0
ب	0	n_0	$2n_0$	n_0	n_0	n_0
أ	x	$n_0 - x$	$2x$	x	x	x
ج	x_{max}	$n_0 - x_{max}$	$2x_{max}$	x_{max}	x_{max}	x_{max}

1- الكحول المتشكل ناتج هو

2- مثيل بروبان - 2 أول

وحدول التقدم هو باعتبار التحويل تام

2- تسمح تقنية قياس الناقية بالمتابعة

كمية غير المخرجة شرط أن يكشف ظهور الأنواع الشاردية المتفلة للبيان عن علم التحويل وهو
ال هنا حيث يمكن إجمال وجود الشوارد في البداية بواقعية المحلول يزداد بسبب ظهور الشوارد
- استنادا إلى جدول التقدم فكميات مادة كل من شوارد الكلور و شوارد الأكسونيوم و الكحول
نتجة متساوية و تركيزها أيضا $n_{Cl} = n_{H_3O^+} = n_{(CH_3)_2COH} = [Cl] = [(CH_3)_2COH]$
 $\sigma = [H_3O^+] \lambda_{H_3O^+} + \lambda_{Cl}$ ومنه : $\sigma = \lambda_{H_3O^+} [H_3O^+] + \lambda_{Cl} [Cl]$
ما أن شدة التيار تتناسب طردا مع σ و σ تتناسب طردا مع $[H_3O^+]$ فإن شدة التيار تتناسب
مع $[H_3O^+]$.

- يمكن كتابة شدة التيار بالشكل : $i = k[alcohol]$ لأن : $K = i/[alcohol]$

5- a- قيمة التركيز النهائي هو 10mmol.L يتم بلوغه بعد 10min تقريبا وزمن نصف التفاعل هو

من اللازم يلوغ نصف كمية التقدم النهائي و الذي توافقته 2.3min من أجل $[H_2O] = 5mmol.L$

توافق قيمة السرعة الحجمية للتفاعل ميل المماس للمنهجي و نلاحظ تناقص هذه القيمة

لا الزمن و في بداية التجربة تكون أعظمية .

- يمكن تسريع التحويل بتسخين وسط التفاعل أو باستعمال وسيط و التي تشكل عوامل حركية.

c- عند نهاية التحويل ومن جدول التقدم فإن $n_0 = x_{max}$:

$n_0 = [H_3O^+]$, $V = 10 \times 0.1 = 1mmol$ ومنه : $V = 100mL$, $[H_3O^+] = 10mmol.L$



الأدوات المستعملة في تحضير المحاليل واطعارة

تطور كميات المتفاعلات و النواتج

تطور جملة كيميائية نحو حالة التوازن

- 1 - تذكير: التفاعل حمض-أساس
- 2 - pH محلول مائي
- 3 - pH المحاليل المالحة
- حالة توازن جملة كيميائية

لنمارين

- I. كسر التفاعل
- II. ثابت التوازن

لنمارين

- 1 - 1 - تفاعل التشتت الذاتي للماء
- 2 - 1 - الجداء الشاردي للماء
- 3 - 1 - سلم الـ pH

1 - 2 - تعريف

- 2 - 2 - العلاقة بين pH و pK_a

- 2 - 3 - حالة ثنائيتي الماء

- 2 - 4 - ثابت توازن تفاعل حمض-أساس

- 3 - 1 - المقارنة بين سلوك الأحماض

- 3 - 2 - المقارنة بين سلوك الأسس

- 4 - 1 - مخطط مجال التغلب

- 4 - 2 - مخطط توزيع نوعي

الثنائية HA/A^-

- 4 - 3 - الكواشف الملونة

لنمارين

- 5 - 1 - المعايرات حمض-أساس

- 5 - 2 - المعايرة الـ pH مترية

- 5 - 3 - المعايرة اللونية

- 5 - 4 - المعايرة عن طريق قياس

الناقلية G أو الناقلية النوعية σ

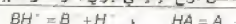
لنمارين

pH محلول مائي:

pH محلول مائي

كير: التفاعل حمض-أساس:
الحمض والإساس حسب برونستد:

مض نوع كيميائي جزئي أو شاردة بإمكانه التخلي على بروتون أو أكثر.

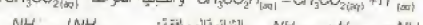
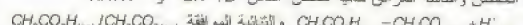


أساس نوع كيميائي جزئي أو شاردة بإمكانه اكتساب بروتون أو أكثر.



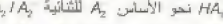
ثنائية حمض-أساس (Acide/Base)

الحمض وأساسه المرافق ثنائية حمض-أساس BH^+/B و HA/A^-

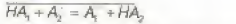
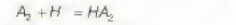


عل حمض-أساس: يتميز تفاعل حمض-أساس بالتقال بروتون من الحمض HA_1 للثنائية

HA_1 نحو الأسس A_2 للثنائية HA_2/A_2^- حيث نحصل على معادلة التفاعل انطلاقا من



لتين التصفيتين:



تفاعل حمض-أساس للماء: H_2O / OH^- و H_2O / H_3O^+



pH محلول مائي:

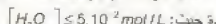
الخواص الحمضية والأساسية لمحلول مائي على تركيز شوارد الأكسونيوم (H_3O^+) الذي

ان يتغير من بعض الـ $mol L^{-1}$ إلى $10^{-14} mol L^{-1}$ أو $10^{-15} mol L^{-1}$ واستعمال هذه

المختلطة والصغيرة جدا في بعض الأحيان يطرح بعض الصعوبات والإشكاليات ومن أجل

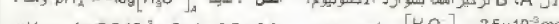
الآنم اقتراح الكيميائي الدانمركي سورنسن (Soren Sorensen) في 1909

عالميا هو الـ pH بتوظيف الدالة الرياضية اللوغاريتمية العشرية (\log) من أجل المحاليل



ف الـ pH بالعلاقة: $pH = -\log[H_3O^+]$ هذه العلاقة تكافئ $[H_3O^+] = 10^{-pH} mol L^{-1}$

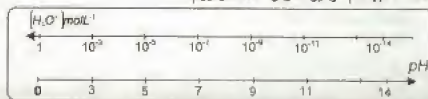
لأن A^- تركيزهما بشوارد الأكسونيوم: $pH = -\log[H_3O^+]$ لدينا $pH_A = -\log[H_3O^+]_A$ ومنه:



الحل: $pH_A = -\log 2.5 \cdot 10^{-3} = 3 - \log 2.5 = 2.6$ احسب pH $[H_3O^+]_A = 2.5 \cdot 10^{-3} mol L^{-1}$

$pH_B = -\log 1.5 \cdot 10^{-10} = 10 - \log 1.5 = 9.82$ $[H_3O^+]_B = 1.5 \cdot 10^{-10} mol L^{-1}$ المحلولين.

الـ pH يسلم تركيز شوارد الأكسونيوم:



- $pH < 7$ - يكون المحلول حمضيا لما: pH
 $pH = 7$ - يكون المحلول متعادلا لما: pH
 $pH > 7$ - يكون المحلول أساسيا لما: pH

قياس الـ pH : - يتم الحصول على القيمة التقريبية لـ pH محلول عن طريق ورق الـ pH وذلك بغمر طرف محرك زجاجي في المحلول المراد معرفة الـ pH له ثم لمس به ورق الـ pH مع مقارنته بظليل الألوان والقيم المرفقة بورق الـ pH

- يتم الحصول على قيم لـ pH باستعمال جهاز الـ pH متر حيث يقاس pH محلول بتقريب ± 0.1 وحدة. نغير عن تركيز شوارد الأيونات مطلقا من الـ pH برفعين معنويين على الأكثر.

- يجب معايرة جهاز الـ pH - متر قبل كل قياس.

تطبيق

- أعطى قياس pH محلول بواسطة جهاز pH - متر القيمة 6.35 بتقريب 0.05 وحدة.
- أحسب الأرتياب النسبي على قياس الـ pH
- حدد تركيز شوارد الأكسونيوم في المحلول.
- أعط تأطيرا لـ pH المقاس.

الحل:

$$1. \quad 6.30 \leq pH \leq 6.40$$

$$2. \quad \frac{\Delta pH}{pH} = \frac{0.05}{6.35} = 8 \times 10^{-3} = 0.8\%$$

$$3. \quad \text{حساب تركيز شوارد الأكسونيوم: } [H_3O^+] = 10^{-pH} = 10^{-6.35} = 4.47 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$$

$$4. \quad 3.98 \times 10^{-7} \leq [H_3O^+] \leq 5.0 \times 10^{-7}$$

التحولات التامة والمحدودة:

- يكون التحول الكيميائي تاما إذا اختفى المتفاعل المحد كليا في الحالة النهائية وعندئذ التقدم النهائي يساوي التقدم الأعظمي: $X_f = X_{max}$

- يكون التحول الكيميائي محدودا إذا لم يختف المتفاعل المحد كليا في الحالة النهائية وعندئذ التقدم النهائي أقل من التقدم الأعظمي: $X_f < X_{max}$

- نسبة التقدم النهائي لتفاعل كيميائي τ :

هو النسبة بين التقدم النهائي X_f والتقدم الأعظمي X_{max} : $\tau = \frac{X_f}{X_{max}}$ حيث X_{max} يقدران

بالمول، τ بدون وحدة. " إذا كان $\tau = 0$ لا يوجد تفاعل.

* إذا كان $\tau = 1$ التحول تام.

* إذا كان $\tau < 1$ التحول غير تام (محدود).

تطبيق 1: حمض ضعيف

- أكتب معادلة تفاعل حمض-أساس
- أحسب التقدم الأعظمي للتفاعل.
- استنتج انطلاقا من pH المحلول التقدم النهائي وقارنه بالتقدم الأعظمي.

حمض حجم $V = 100.0 \text{ mL}$ بـ $1.5 \times 10^{-2} \text{ mol}$ من حمض الأيتانويك في الماء النقي وقياس pH المحلول في الحالة النهائية أعطى $pH = 3.2$.

الحل

- كتابة معادلة التفاعل: $CH_3CO_2H_{(aq)} + H_2O_{(l)} = CH_3CO_2^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$
- حساب التقدم الأعظمي للتفاعل: يلعب الماء دور أحد المتفاعلين ومذيب في آن واحد وموجو جولا وصفيقا لتطور الجملة الكيميائية:

المعادلة	كميات المادة (mol)	التقدم	ح
$CH_3CO_2H_{(aq)} + H_2O_{(l)} = CH_3CO_2^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$	$n_0 = 10^{-2}$	0	0
	يز	0	0
	أث	X	X
		$n_f - X$	$n_f - X_f$
		X_f	X_f

بما أن المتفاعل المحد هو حمض الأيتانويك فيكون: $n_f(CH_3CO_2H) - X_{max} = 0$

ومنه: $X_{max} = n_f = 10^{-2} \text{ mol}$

3. حساب التقدم النهائي: إن قيمة الـ pH في الحالة النهائية يسمح بحساب تركيز شوارد الأكسونيوم: $[H_3O^+] = 10^{-pH} = 10^{-3.2} = 6.3 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$

ومن الجدول $X_f = [H_3O^+] V = 6.3 \times 10^{-4} \times 100.10^{-3} = 6.3 \times 10^{-5} \text{ mol}$ ومنه:

بمقارنة X_f مع X_{max} نجد أن $X_f < X_{max}$ ومنه فالنتقال محدود.

$$\tau = \frac{6.3 \times 10^{-5}}{10^{-2}} = 6.3 \times 10^{-3} < 1 \quad \text{أو: } \tau = 6.3 \times 10^{-3}$$

تطبيق 2: حمض قوي

- حضر محلول لحمض كلور الماء حجمه $V = 100 \text{ mL}$ بالتحلل غاز كلور الهيدروجين في الماء النقي وتركيز المحلول الناتج هو $C = 1.5 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ وله $pH = 1.8$.
- أكتب معادلة التفاعل حمض-أساس بين كلور الهيدروجين والماء.

الحل

$$1. \quad \text{كتابة معادلة التفاعل: } HCl_{(aq)} + H_2O_{(l)} = Cl^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

المعادلة	كميات المادة (mol)	تقدم	ح
$HCl_{(aq)} + H_2O_{(l)} = Cl^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$	$n_0 = 1.5 \times 10^{-2}$	0	0
	يز	0	0
	أث	X	X
		$n_f - X$	$n_f - X_f$
		X_f	X_f

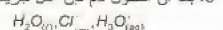
2. حساب التقدم الأعظمي X_{max} : من أجل ذلك ننجز جدولا وصفيقا لتطور الجملة المتفاعل المحد هو كلور الهيدروجين لأن الماء يلعب دور محل ومفاعل بالزيادة ومنه: $CV - X_{max} = 0$

3. حساب التقدم النهائي: قيمة الـ pH في الحالة النهائية تسمح بحساب تركيز شوارد الأكسونيوم في المزيج: $[H_3O^+] = 10^{-pH} = 10^{-1.8} = 1.6 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$

$$X_f = [H_3O^+] V = 1.6 \times 10^{-2} \times 100.0 \times 10^{-3} = 1.6 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

4. حساب نسبة التقدم النهائي τ : $\tau = \frac{X_f}{X_{max}} = \frac{1.6 \times 10^{-3}}{1.5 \times 10^{-2}} = 0.107 \approx 1$

5. بما أن التحول تام فإن كل جزيئات HCl تفككت والمحول يحتوي فقط على الأفراد

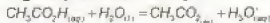


حالة توازن جملة كيميائية

نقول عن جملة كيميائية والتي هي مقر لتحول كيميائي محدود أنها في حالة توازن كيميائي في درجة الحرارة T وتحت ضغط P عندما لا يحدث تطور لتراكيز المتفاعلات والنواتج بعد ذلك. هذه الحالة توافق الحالة النهائية للتحويل والتي تتواجد فيها المتفاعلات والنواتج بنسب ثابتة.

تطبيق:

نحضر محلولاً لأمض الأيثانويك حجمه $V = 10L$ بإضافة $n_1 = 15mmol$ من الحمض إلى الماء النقي، والجملة الناتجة هي مقر لتحول كيميائي يتألف من المعادلة:



ويكون التخم النهائي للتفاعل x_1 مساوياً لـ $0,36mmol$ ما التركيب المولي للجملة في الحالة النهائية؟

الحل:

المتغيرة	$CH_3CO_2H_{(aq)} + H_2O_{(l)} = CH_3CO_2^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$			
القديم	كميات المادة (mol)			
ج	0	0	0	0
ا	x	$CV - x$	x	x
ب	x_f	$CV - x_f$	x_f	x_f

- حمض الأيثانويك: $n(CH_3CO_2H) = n_1 - x_1 = 15 - 0,36 = 14,64mmol$
- الماء: متفاعل موجود بالزيادة.
الجملة تتكون في الحالة النهائية من متفاعلات ونواتج كيميائية ناتجة فنقول أن الجملة في حالة توازن.

التفسير:

على المستوى العائلي لا يمكن ملاحظة تغيرات عيانية (ماكروسكوبية) على الجملة (درجة الحرارة، اللون، pH ، ...).

- على المستوى المجهرى فإن التأثيرات الحرارية تبقى التصادمات الفعالة مستمرة بين الأفراد المتفاعلة من جهة وبين الأفراد لنواتج من جهة أخرى خلال نفس المدة الزمنية، فكميات المتفاعلات والنواتج تبقى ثابتة خلال الزمن لذلك فحالة التوازن الكيميائي هي حالة توازن ديناميكي. التوازن الديناميكي يعبر عنه بتواجد تفاعلين

متباشر وعكسي ينتجان معا وينفس السرعة.

إنمذج التحول الثام والمحدود في جميع الحالات

يستخدم إشارة (=) بدلا من السهم (→).

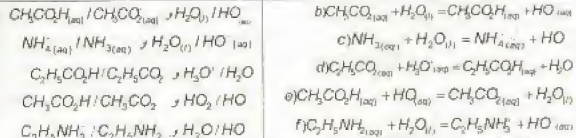
تأثيرات تفاعلات حمض-أساس

تمرين 1:

- أكمل معادلات تفاعل حمض-أساس التالية
وحدد التثانيات حمض-أساس الموافقة:
- $CH_3CO_2H_{(aq)} + H_2O_{(l)} = NH_4^+_{(aq)} + \dots$
 - $C_2H_5CO_2H_{(aq)} + H_2O_{(l)} = \dots + \dots$
 - $CH_3CO_2H_{(aq)} + H_2O_{(aq)} = \dots + \dots$
 - $HC_2H_3NH_{2(aq)} + \dots = C_2H_5NH_3^+_{(aq)} + \dots$

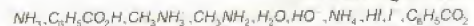
الحل

التثانيات حمض-أساس الموافقة:	أكمل معادلات تفاعل حمض-أساس
$H_2O_{(aq)} / H_2O_{(l)} \quad HCO_2^-_{(aq)} / HCO_2H_{(aq)}$	$a) HCO_2H_{(aq)} + H_2O_{(l)} = HCO_2^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$



تمرين 2:

نعتبر الأنواع الكيميائية التالية:

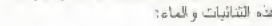
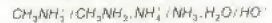


1- شكل التثانيات حمض-أساس المناسبة.

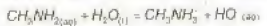
2- اكتب معادلات تفاعل حمض-أساس بين هذه الأنواع والماء.

الحل

1- التثانيات حمض-أساس الممكن تشكيلها:



2- كتابة معادلة التفاعل حمض-أساس بين هذه التثانيات والماء:



تمرين 3:

المحلول	عسارة العينة	الغالب	التم	حمض الأيثانويك	محلول التثانيات
$[H_2O] \text{ mol.L}^{-1}$	$2,0 \cdot 10^{-2}$	$3,2 \cdot 10^{-3}$	$4,0 \cdot 10^{-4}$	$1,3 \cdot 10^{-3}$	$5,2 \cdot 10^{-13}$
pH					

1) اقل ولأكمل الجدول التالي:

2) أحسب التركيز المولي

شوارد الأستونيوم

للمحاليل التي لها قيم

الـ pH التالية: $8,3 = pH$ ، $2,9 = pH$ ، $3,4 = pH$

3) حدد المجال الذي يحصر فيه تركيز شوارد الأستونيوم لمحلول قياس الـ pH له

$pH = 1,5$ بتقريب $\pm 0,1$.

الحل

1) اقل ولأكمل الجدول التالي:

2) أحسب التركيز المولي

شوارد الأستونيوم

للمحاليل التي لها قيم

الـ pH التالية: $8,3 = pH$ ، $2,9 = pH$ ، $3,4 = pH$

3) حدد المجال الذي يحصر فيه تركيز شوارد الأستونيوم لمحلول قياس الـ pH له

$pH = 1,5$ بتقريب $\pm 0,1$.

تمرين 4:

أعلى قياس pH محلول القيمة $pH = 4,3$.

1) أحسب تركيز المحلول بشوارد الأستونيوم.

2) عرف الـ pH بتقريب 0,05 وحدة، أحسب الارتباط المطلق والارتباط النسبي على التركيز $[H_3O^+]$.

نريد أن نعرف فيما إذا كان تفاعل حمض البروبانويك مع الماء تاماً أو محدوداً عن طريق القياس الـ pH - مئري وقياس الناقية. حمض البروبانويك صيغته الجزيئية $C_3H_7O_2$ سائل في $25^\circ C$.
 نكتب في الماء $n_0 = 0,10 \text{ mol}$ من حمض البروبانويك النقي للحصول على $V_0 = 500,0 \text{ mL}$ لمحلول S_0 . هذا المحلول كبير التركيز بالنسبة لقياسات الناقية النوعية σ لذلك نحضر انطلاقاً من المحلول S_0 محلولاً S تركيزه بالمذيب هو $C = 2,0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ وحجمه $V = 1 \text{ L}$.
 أعطى قياس pH للمحلول S وناقية النوعية σ عند الدرجة $25^\circ C$:
 $\sigma = 3,58 \cdot 10^{-3} \text{ Sm}^{-1}$ و $pH = 3,8$ والمعطيات: $\sigma_{C_3H_7O_2} = 3,58 \times 10^{-3} \text{ Sm}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ و $\sigma_{H_2O} = 3,50 \times 10^{-2} \text{ Sm}^{-1} \text{ mol}^{-1}$.

- أعط الصيغة نصف مفصلة لحمض البروبانويك.
- تعمل بطاقة المحلول المخصص التجاري S_0 المعطيات: $M = 74 \text{ g/mol}$.
 $\rho = 0,99 \text{ g/mL}$ ، $P = 99\%$ أحسب الحجم الموافق لـ n_0 ، وأحسب التركيز C_0 للمحلول S_0 .
- ما هو البروتوكول التجريبي المتبع لتحضير المحلول S من المحلول S_0 ؟
- أكتب معادلة تفاعل حمض البروبانويك مع الماء
- أنجز جدولاً لتحويل $2,0 \times 10^{-3} \text{ mol}$ من الحمض في حجم من الماء للحصول على $V = 1 \text{ L}$ من المحلول S . در من يكتسب التفاعل عند التوازن x_i ، ما قيمة التقدم الأعظمي x_{max} .
- بين في V بين $[H_3O^+]$ و x_i .
- انطلاقاً من قيمة الـ pH ، أحسب x_i ثم نسبة التقدم النهائي. الاستنتاج.
- أوجد العلاقة بين الناقية النوعية σ للمحلول و الناقيات النوعية المولية الشاردية والحمض V والتقدم النهائي x_i .
- أحسب عن طريق قياس الناقية x_i ثم نسبة التقدم النهائي. الاستنتاج.
- أعط جرداً للأفراد المتواجدة في الحالة النهائية في المحلول.

الحل:

- الصيغة النصف مفصلة للحمض: CH_3-CH_2-COOH
- حساب الحجم الموافق لـ n_0 ثم التركيز C_0 : لدينا: $n_0 = \frac{m}{M}$, $m = \rho V \rightarrow n_0 = \frac{\rho V \rho}{M}$ ومنه
 $C_0 = \frac{n_0}{V} = \frac{0,1}{0,5} = 2,0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ و $V = \frac{n_0 M}{\rho} = \frac{0,1 \times 74}{0,99} = 7,55 \text{ mL}$
- إذا كان حجم المحلول المأخوذ من المحلول S_0 هو V_p ونطبق علاقة التمدد فإن:
 $V_p = \frac{C \cdot V}{C_0} = \frac{2,0 \times 10^{-3} \cdot 10}{2,0 \times 10^{-2}} = 10^{-2} \text{ L} = 10 \text{ mL}$ ومنه: $C_0 V_p = C V$
- البروتوكول التجريبي: نأخذ 10 mL من حمض البروبانويك باستعمال ماصة سعتها 10 mL مزودة بإبرة المص ثم نضيف في حوضلة عيارية سعتها 1 L ، تحتوي أو لا 200 mL من الماء النقي ثم نكمل الحجم بالماء النقي إلى خط العيار ثم نرج الحوضلة لمجانسة المحلول.
- كتابة معادلة تفاعل الحمض مع الماء: $C_3H_7O_{2(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons C_3H_7COO_{(aq)} + H_3O_{(aq)}^+$
- إنجاز جدول التقدم:

المعادنة	$C_3H_7O_{2(aq)}$	$H_2O_{(l)}$	$C_3H_7COO_{(aq)}$	$H_3O_{(aq)}^+$
يكون التقدم أعظمياً	0	0	0	0
عند x_i	$n_0 - x_i$	0	x_i	x_i

 $x_{\text{max}} = n_0(C_3H_7O_2) = 2,10 \times 10^{-3} \text{ mol}$
- من الجدول الوصفي فإن:

الحل:

(1) $[H_3O^+] = 10^{-pH} = 10^{-4,3} = 5,10 \cdot 10^{-5} \text{ mol/L}$
 (2) $\Delta pH = 0,05$ ومنه $pH = 4,30 \pm 0,05$ ومنه $4,25 < pH < 4,35$
 (3) حساب: $\Delta \left[\frac{H_3O^+}{H_2O} \right] = \Delta [H_2O^+]$

$[H_2O] = 10^{-4,35} = 4,47 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ ، $[H_3O^+] = 10^{-4,25} = 5,62 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$
 $\Delta \left[\frac{H_3O^+}{H_2O} \right] = \frac{1,15 \times 10^{-5}}{5,00 \times 10^{-5}} = 0,23 (23\%)$ ومنه: $\Delta [H_3O^+] = 1,15 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$

تمرين 5:

- نرمز لحمض اللين $C_2H_5O_2$ بـ HA ، يستعمل محلوله نظراً لخواصه البكتيرية.
 أنشأ محلول تجاري لحض اللين بنسبة الكتلية $p = 85\%$ وكتلته الحجمية $\rho = 120 \times 10^3 \text{ g/L}$ نحضر انطلاقاً من S_0 محلولاً S لحض اللين تركيزه C وحجمه $V = 100 \text{ L}$. من أجل ذلك نكتب حجماً $V_0 = 5,0 \text{ mL}$ من المحلول التجاري في 200 mL من الماء الموجود في حوضلة عيارية سعتها 100 L ثم نضيف كمية الماء اللازمة.
- ما هو التركيز C لحض اللين في المحلول الناتج؟
 - أكتب معادلة تفاعل حمض اللين مع الماء.
 - نسكب حجماً V_1 في كأس بيشر ونقيس pH المحلول فنجد $pH = 2,57$.
 - بين أن نسبة التقدم النهائي لا يتعلق بالحجم V_1 .
 - أحسب قيمته، هل التفاعل تام أم محدود؟

الحل:

- تركيز حمض اللين في المحلول:
 لدينا: $n = n_0/V$ و $c = n/V$ ولدينا $c = \frac{m}{MV}$ ومنه: $n = \frac{m}{M}$
 $m = \rho_0 V_0 p = \frac{\rho_0 V_0 85}{100} \left[\frac{85g}{100g} \rightarrow m_0 = n_0 \right]$ ولدينا $c = \frac{m}{MV} = \frac{\rho_0 V_0 p}{VM} = \frac{120 \times 10^3 \cdot 5,0 \times 10^{-3} \cdot 0,85}{100 \cdot 90} = 0,057 \text{ mol/L}$
- كتابة معادلة تفاعل حمض اللين مع الماء: $HA_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons A_{(aq)} + H_3O_{(aq)}^+$
- (a) حساب نسبة التقدم النهائي τ : لدينا: $\tau = \frac{x_i}{x_{\text{max}}}$ لكن $\tau = \frac{x_i}{n_0(H_2O)} = [H_3O^+]_{V_1}$ لكن $x_i = n_i(HA) = CV_1$ كمية الحمض الابتدائية
 ومنه: $\tau = \frac{[H_3O^+]_{V_1}}{C} = \frac{[H_3O^+]_{V_1}}{C V_1}$ فـ τ لا علاقة له بالحجم V_1 .
- (b) سمح قيمة الـ pH بحساب تركيز شوارد الأكسونيوم النهائية
 $[H_3O^+] = 10^{-pH} = 10^{-2,57} = 2,7 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$
 $\tau = \frac{2,7 \times 10^{-3}}{0,057} = 0,047 (4,7\%)$
- أي $4,7\%$ من حمض اللين فقط تفاعل مع الماء فالتفاعل محدود وليس تاماً.

2- بين أنه من أجل حجم V للمحلول فإن: $\tau = 10^{10} / C_{HClO_4}$

3- بين أن التحول تام.

الحل:

1) كتابة معادلة التفاعل: $HClO_{4(aq)} + H_2O_{(l)} = ClO_{4(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$

2) البرهنة على أن: $\tau = 10^{10} / C$ من أجل حجم V

نتج جدولاً لوصف تقدم التفاعل: $\eta_i = CV$

يكون التقدم الأعظمي

$CV = x_{max}$ ومنه: $CV - x_{max} = 0$

لدينا $[H_3O^+] = \frac{x_i}{V}$ ومنه

$x_i = [H_3O^+] \cdot V = 10^{10} \cdot V$

وتكون نسبة التقدم النهائي: $\tau = \frac{x_i}{CV} = \frac{[H_3O^+] \cdot V}{CV} = \frac{10^{10}}{C}$

3- تحديد فيما إذا كان التفاعل تاماً: $1 = 0.995 = \frac{10^{10}}{C} = \frac{10^{10}}{2 \times 10^{-3}} = 0.995$

فالتفاعل تام.

تمرين 9:

أعطى قياس pH محلول حمض تحت كلور

1- أكتب معادلة التفاعل.

2- أحسب نسبة التقدم النهائي وبين أن التحول

القيمة $pH = 4.7$.

الحل:

1) كتابة معادلة التفاعل: $HClO_{(aq)} + H_2O_{(l)} = ClO_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$

2) حساب معدل التقدم النهائي: τ

$\tau = \frac{x_i}{x_{max}} = \frac{[H_3O^+] \cdot V}{CV} = \frac{10^{-4.7}}{10 \times 10^{-2}} = \frac{1.99 \times 10^{-5}}{1 \times 10^{-1}} = 2.0 \times 10^{-4} < 1$

فالتفاعل محدود.

تمرين 10:

الخل هو محلول مائي لحمض الإيثانويك تركيزه $C = 10 \text{ mol/L}$ وناقليته النوعية $\sigma = 165 \text{ mSm}^{-1}$.

1. أجز جدولاً وصفاً لتفاعل الحمض مع الماء.

2. عبر عن الناقلية النوعية σ بدلالة حجم المحلول V والتقدم النهائي x_i للتفاعل والناقلات

المولية النوعية. استنتج العبارة الحرفية لـ x_i .

3. حدد عبارة نسبة التقدم النهائي للتركيز المولي للمحلول وحجم المحلول V .

4. حدد العبارة الحرفية لنسبة التقدم النهائي للتفاعل وأحسب قيمته. الاستنتاج.

الحل:

1) معادلة التفاعل وإنجاز

جدول التقدم:

2) إيجاد عبارة σ بدلالة

$[H_3O^+] = \frac{n_i(H_3O^+)}{V} \Rightarrow x_i = [H_3O^+] \cdot V$ ومنه $n_i(H_3O^+) = x_i$

7- لدينا: $pH = 3.8$ ومنه $[H_3O^+] = 10^{-3.8} = 1.6 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$

وتكون نسبة التقدم النهائي: $x_i = [H_3O^+] \cdot V = 1.6 \times 10^{-4} \cdot 16 \times 10^{-3} = 2.56 \times 10^{-6} \text{ mol}$

$\tau = \frac{x_i}{x_{max}} = \frac{1.6 \times 10^{-4}}{2 \times 10^{-3}} = 8.0 \times 10^{-2}$ وبما أن $\tau < 1$ فالتحول محدود.

8- العلاقة بين الناقلية النوعية σ والناقلات النوعية المولية والحجم V ، والتقدم النهائي x_i :

$\sigma = \lambda_{H_3O^+} [H_3O^+] + \lambda_{C_2H_3O_2} [C_2H_3O_2]$

في الحالة النهائية لدينا $[H_3O^+] = [C_2H_3O_2] = \frac{x_i}{V}$

$\sigma = (\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{C_2H_3O_2}) \frac{x_i}{V} \Rightarrow x_i = \frac{V \cdot \sigma}{(\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{C_2H_3O_2})}$

9- $x_i = \frac{10^{-3.58} \times 10^{-3}}{(3.50 \times 10^{-2} + 3.58 \times 10^{-3})} \Rightarrow x_i = 9.3 \times 10^{-6} \text{ mol}$

حيث: $(V = 1L = 10^{-3} m^3)$ $\tau = \frac{x_i}{x_{max}} = \frac{9.3 \times 10^{-6}}{2 \times 10^{-3}} = 4.65 \times 10^{-3} \approx 4.7 \times 10^{-3}$

10- الأفراد المتواجدة في المحلول هي: $C_2H_3O_2, H_2O, C_2H_3CO_2, H_3O^+$

تمرين 7:

محلول مائي لحمض ثنائي كلورو إيثانويك

$CHCl_2 - COOH_{(aq)}$ تركيزه

$C = 100 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ له $pH = 3.1$.

الحل:

1) معادلة تفاعل الحمض مع الماء: $CHCl_2CO_2H_{(aq)} + H_2O_{(l)} = CHCl_2CO_2^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$

2) نتج جدولاً لتقدم التفاعل:

يلعب الماء دور مذيب ومتفاعل

أيضاً بالزيادة وحمض داي

كلورو إيثانويك هو المتفاعل

المحد ومنه: $\eta_i = CV = x_{max}$ $\eta_i - x_{max} = 0$

$n(H_3O^+) = x_i \rightarrow [H_3O^+] = \frac{x_i}{V} \Rightarrow x_i = [H_3O^+] \cdot V$

$\tau = \frac{x_i}{x_{max}} = \frac{7.9 \times 10^{-4} V}{1 \times 10^{-3} V} = 0.79 < 1$ $x_i = 10^{-3.1} V = 10^{-4} V$

3) تتواجد أفراد المعادلة الأربعة في المحلول.

تمرين 8:

إن pH محلول مائي لحمض فوق الكلور $HClO_4$ تركيزه $C_{HClO_4} = 2.0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ هو 2.7

1- أكتب معادلة التفاعل بين الحمض والماء.

المعادلة $C_2H_3CO_2H_{(aq)} + H_2O_{(l)} = C_2H_3CO_2^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$

التقدم η_i

كميات المادة بالمول

ج 0 0 0 0

ح x_i $\eta_i - x_i$ x_i x_i

تعتبر محلولاً (S_1) لغاز الشادر لمولي $C_1 = 0.10 \text{ mol/L}$ و قيمة الـ $pH = 11.1$

1 - اكتب معادلة تفاعل غاز الشادر NH_3 مع الماء

2 - بين أن NH_3 لا يتفاعل كلياً مع الماء

3 - اقترح طريقة تمكن من تحضير محلول (S_2) لغاز الشادر حجمه $V_2 = 100 \text{ ml}$ وتركيزه

المولي $C_2 = 2.5 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$ وهذا انطلاقاً من V_1 و (S_1)

4 - إذا كان pH المحلول (S_2) يساوي 10.8 عين التسمية النهائية لتقدم التفاعل في المحلول (S_2)

5 - ماذا يمكن القول عن تأثير عملية التمديد على تفاعل NH_3 مع الماء ؟

يعطى الثنائية : (NH_4^+ / NH_3)

الحل

1 - معادلة التفاعل : $NH_3(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons NH_4^+(aq) + OH^-(aq)$

2 - إثبات أن NH_3 لا يتفاعل كلياً مع الماء أي أساس ضعيف: لدينا : $\tau = \frac{x_f}{x_{\text{max}}}$ حيث :

$$x_{\text{max}} = C_1 V_1, [HO] = K_p / [H_3O^+] V = 10^{-2.8} \text{ mol/L}, x_f = n(HO) = [HO] V$$

$$\tau = \frac{x_f}{x_{\text{max}}} = \frac{[HO] V}{C_1 V} = \frac{[HO]}{C_1} = \frac{10^{-2.8}}{10^{-1}} = 10^{-1.8} = 1.25\%$$

3 - اقترح طريقة تمكن من تحضير محلول (S_2) لغاز الشادر حجمه $V_2 = 100 \text{ mL}$ وتركيزه

المولي $C_2 = 2.5 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$ وهذا انطلاقاً من V_1 و (S_1) بتطبيق علاقة التمديد

$$C_1 V_1 = C_2 V_2 \Rightarrow V_1 = \frac{C_2 V_2}{C_1} = \frac{2.5 \cdot 10^{-2} \cdot 100}{10^{-1}} = 25 \text{ mL}$$

في حولة عيارية سعتها 100 mL ثم تخفيف إليها الماء المقطر حتى خط العيار.

4 - تعيين نسبة النهائية لتقدم التفاعل في المحلول (S_2) بنفس الطريقة كما في السؤال 2

$$\tau_2 = \frac{[HO]}{C_2} = \frac{10^{-3.2}}{2.5 \cdot 10^{-2}} = \frac{10^{-1.2}}{2.5} = 2.25\%$$

5 - تأثير عملية التمديد على تفاعل NH_3 مع الماء: بما أن $\tau_2 > \tau_1$ فإن نسبة التقدم تزداد بفعل

التمديد أي يزداد تفكك الشادر في الماء.

تمرين 13:

تعتبر محلولاً $V = 100 \text{ mL}$ محلول مائي لحمض الأروت تركيزه $C_{HA} = 3.0 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$ له $pH = 15$

1 - أعط صيغة حمض الأروت.

2 - اكتب معادلة تفاعل الحمض مع ماء وحد الثنائية حمض-أساس لداخله في التفاعل.

3 - احسب تركيز المحلول بشارد الأكسونيوم.

4 - بين الـ pH بارتياح قدره ± 0.1 وحدة.

5 - باخذ هذا الارتياح بعين الاعتبار أعط تائيراً لشوارد الأكسونيوم.

3 - أعط عبارتي التقدم الأعظمي للتقدم في حالة التوازن ونسبة التقدم النهائي بدلالة C_{HA}

والـ pH وحجم المحلول.

4 - احسب قيمة نسبة التقدم النهائي.

5 - استنتج فيما إذا كان التحول تاماً أو محدوداً.

الحل

$$\lambda_{CH_3CO_2^-}, \lambda_{H_3O^+} \cdot x_f \cdot V$$

$$\sigma = \lambda_{H_3O^+} [H_3O^+] + \lambda_{CH_3CO_2} [CH_3CO_2]$$

$$x_f = \frac{\sigma V}{(\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{CH_3CO_2})} \text{ ومنه } x_f = [H_3O^+] V = [CH_3CO_2] V \rightarrow \sigma(\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{CH_3CO_2}) = \frac{x_f}{V}$$

3 - حمض (إيثانويك) هو المتفاعل المحد والماء متفاعل بالزيادة ومنه

$$CV - x_{\text{max}} = 0 \rightarrow x_{\text{max}} = CV = n(CH_3CO_2)$$

$$\tau = \frac{x_f}{x_{\text{max}}} = \frac{\sigma V}{(\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{CH_3CO_2}) CV} = \frac{\sigma}{(\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{CH_3CO_2}) C}$$

$$\tau = \frac{165 \times 10^{-3}}{10 \times 10^3 (3498 + 409) \cdot 10} = 4.2 \times 10^{-2}$$

بما أن $\tau \ll 1$ فالنتقال غير تام.

تمرين 11

تعتبر محلولاً لحمض ضعيف HA تركيزه 10^{-2} mol/L

1 - ذكر بتعريف كل من الحمض والأساس حسب برونستد.

2 - اكتب معادلة تفاعل الحمض مع الماء وحد الثنائيين الداخلين في التفاعل.

3 - أعط تعريف pH محلول مائي وأذكر التجهيز اللازم لقياسه وما هي الاحتياطات التي يجب

أخذها في الاعتبار ؟

4 - اشرح حدوا لتقدم التحول بعد التذكير بتعريف التقدم وحدته.

5 - أعطى قياس pH محلول الحمض $pH = 3.5$ احسب التقدم النهائي للتفاعل من أجل 10^{-1} من

المحلول وحد حقيقة لماذا تفاعل الحمض HA مع الماء ضعيف ؟

الحل :

1- الحمض نوع كيميائي بإمكانه التخلي على بروتون أو أكثر

الأساس هو نوع كيميائي بإمكانه اكتساب بروتون أو أكثر

2- معادلة التفاعل : $HA(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + A^-(aq)$

الثنائيين الداخلين في التفاعل هما : $H_3O^+ / H_2O, HA / A^-$

3- تعريف pH : من أجل محاليل غير المركزة والتي تركيزها أقل 10^{-1} mol/L فإن

$$pH = -\log[H_3O^+] \text{ يقاس } pH \text{ محلول بجهاز الـ } pH \text{ - متر بعد ضبطه بواسطة المحاليل العيارية.}$$

4 - إنجاز جدول التقدم:

تقدم التفاعل هو وفق كمية التحول المجهري

1- HA التي أعطت A من جدول التقدم

$$x_f = n(H_3O^+) \text{ وبالتالي :}$$

$$[H_3O^+] = 10^{-pH} = 10^{-3.5} = 3.16 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L}$$

$$\text{ولدينا } [H_3O^+] = \frac{x_f}{V} \text{ حيث } V \text{ حجم المحلول ومنه } x_f = 3.16 \cdot 10^{-4} \cdot 1 = 3.16 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

5- حساب نسبة التقدم النهائي وإثبات أن HA ضعيف:

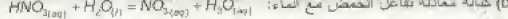
$$\tau = \frac{x_f}{x_{\text{max}}} = \frac{x_f}{CV} = \frac{3.16 \cdot 10^{-4}}{10^{-2} \cdot 1} = 3.16 \cdot 10^{-2} = 3\%$$

ومنه فالحمض ضعيف.

$$\tau = \frac{x_f}{x_{\text{max}}} = \frac{3.16 \cdot 10^{-4}}{10^{-2} \cdot 1} = 3.16 \cdot 10^{-2} = 3\%$$

تطور جملة كيميائية نحو حالة التوازن

40



التثاقباتان حمض-أساس الداخليان في التفاعل هما: HNO_3/NO_3^- و H_3O^+/H_2O
 2- لدينا $pH = 15$ ومنه $\Delta pH = 0.1$ ومنه $14 \leq pH \leq 16$

$$pH = 1.4 \rightarrow [H_3O^+] = 10^{-1.4} = 3.98 \times 10^{-2} \text{ mol/L}^1$$

$$pH = 1.6 \rightarrow [H_3O^+] = 10^{-1.6} = 2.51 \times 10^{-2} \text{ mol/L}^1$$

المعادلة	$HNO_{3(aq)} + H_2O_{(l)} = NO_{3(aq)} + H_3O_{(aq)}^+$			
القيم	كميات المادة بالمول			
ع	0	0	0	0
ح	x_f	$n_i - x_f$	x_f	x_f

$$x_f = n(H_3O^+)_f = [H_3O^+]_f \cdot V = 10^{-pH} \cdot V \rightarrow \tau = \frac{x_f}{x_{max}} = \frac{[H_3O^+]_f \cdot V}{CV} = \frac{10^{-pH}}{C}$$

$$\text{حـ} \text{ حساب } \tau = \frac{10^{-16}}{3.00 \times 10^{-2}} = \frac{3.16 \times 10^{-2}}{3.00 \times 10^{-2}} = 1.05$$

تمرين 14:

إن التحول حمض-أساس لحمض البيوتاتيك $CH_3-CH_2-CH_2-COOH_{(aq)}$ مع الماء محدود بينما تفاعل حمض الأزوت مع الماء تام.

أعد كيميائي قارورتين تحضنان المطلقين B, A للحمضين لهما نفس التركيز C. تم تحديد المحلولين 100 مرة وسامعا B, A و قاس pH المحاليل B, A, A, B فصل على النتائج التالية:

$$pH_A = 3.4, pH_B = 4.4, pH_C = 2.0, pH_D = 4.0$$

1 - اكتب معادلتى تفاعلي الحمضين مع الماء.

2 - أعط تعريفا لـ pH المحلول.

3 - احسب تركيز شوارد الأكسونيوم في كل محلول.

4 - بين أنه من أجل حمض الأزوت فإن pH المحلول الممدد يجب أن يكون $pH_{\text{mdd}} = pH_{\text{mre}} + 2$

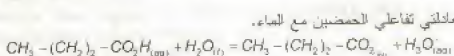
5 - استنتج طبيعة الحمضين المنحلين في المحلولين B, A ثم قيمة C.

6 - أعط عبارات نسبة التقدم النهائي في المحاليل الأصلية ثم الممددة بدلالة C و $[H_3O^+]_{\text{m}}$ هل يتدخل الحجم V في عبارة ؟

7 - احسب نسبة التقدم النهائي للتفاعلات الكيميائية في المحاليل B, A, A, B.

الحل:

1 كتابة معادلتى تفاعلي الحمضين مع الماء.



2 تعريف الـ pH: يربط pH محلول بتركيز شوارد الأكسونيوم في المحلول بالعلاقة:

$$pH = -\log[H_3O^+]$$

3 حساب تركيز شوارد الأكسونيوم في كل محلول B, A, A, B:

$$[H_3O^+]_A = 10^{-pH_A} = 10^{-3.4} = 3.98 \times 10^{-4} \text{ mol/L}^1, [H_3O^+]_B = 10^{-pH_B} = 10^{-4.4} = 3.98 \times 10^{-5} \text{ mol/L}^1$$

$$pH_{B(aq)} = 4 \text{ و } pH_{B(mre)} = 2$$

وتمه فإن $pH_{\text{mre}} = pH_{\text{mdd}} + 2$
 5 المحلول A هو لمحلول حمض البيوتاتيك و B هو لمحلول حمض الأزوت
 بما أن B يمثل حمض الأزوت:

$$\rightarrow C = [H_3O^+] = 10^{-pH_A} = 10^{-2.0} = 1.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}^1$$

$$x_f = n(H_3O^+)_f = [H_3O^+]_f \cdot V, \tau = \frac{x_f}{x_{max}} \text{ و } x_{max} = CV$$

$$\text{ومنه: } \tau_B = \frac{10^{-pH_B}}{C_B} \text{ و } \tau_A = \frac{10^{-pH_A}}{C_A}, \tau_A = \frac{10^{-pH_A}}{C_A} = \frac{10^{-2.0}}{1.0 \times 10^{-2}} = 1$$

$$[H_3O^+]_{\text{mre}} = [HNO_3]_{\text{mre}} = C$$

7 - حساب نسبة التقدم النهائي للمحاليل:

$$\tau_A = \frac{10^{-pH_A}}{C} = \frac{3.98 \times 10^{-5}}{1.0 \times 10^{-4}} = 3.98 \times 10^{-1}, \tau_B = \frac{10^{-pH_B}}{C} = \frac{3.98 \times 10^{-5}}{1.0 \times 10^{-2}} = 3.98 \times 10^{-3}$$

$$\tau_B = \frac{10^{-pH_B}}{C} = \frac{10^{-4}}{10^{-4}} = 1, \tau_B = \frac{10^{-pH_B}}{C} = \frac{10^{-4}}{1.0 \times 10^{-2}} = 1$$

تمرين 15: (بكالوريا أجنبية جوان 2004)

1 الأسبرين هو الدواء الأكثر استهلاكاً في العالم، يتواجد الأسبرين على شكل (أقرص

بسيطة، أقراص فولقة، مسحوق...) كلها تحتوي على حمض أسيتيل ساليسيليك، المادة الأساسية المؤثرة فيه، يرمز لهذا الحمض HA وشاردة أسيتيل ساليسيلات A.

ريد دراسة سلوك هذا الحمض في المحلول المائي.

المعطيات: الناقلية النوعية المولية الشاردية في 25°C :

$$M = 180 \text{ g mol}^{-1}, HA$$

لذئب كتلة من الحمض النقي لتخصير حجم $V_B = 500.0 \text{ mL}$ لمحلول مائي لحمض أسيتيل

ساليسيلات ترمز له S تركيزه المولي $C_B = 5.55 \times 10^{-2} \text{ mol/L}^1$.

تحسب في الجزئين I و II التقدم النهائي للتفاعل بتقنيتين مختلفتين وفي الجزء الثالث III تدرس دقة الطريقتين:

1 - دراسة التحول الكيميائي عن طريق قياس الـ pH.

أعطى قياس pH المحلول S عند التوازن وفي الدرجة 25°C القيمة $pH = 2.9$.

(1 حدد عند التوازن تركيز $[H_3O^+]_{\text{m}}$ في المحلول S المحض.

(2 اكتب معادلة التفاعل المتضمن لتحول الكيميائي بين الحمض HA والماء.

(3 حدد التقدم النهائي x_f للتفاعل.

(4 حدد التقدم الأعظمي x_{max} للتفاعل.

(5 احسب نسبة التقدم النهائي لتحول المزدوج.

II - تقيس الناقلية النوعية للمحلول S بواسطة جهاز قياس الناقلية

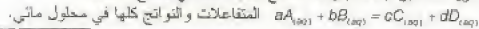
فجد $\sigma_{\text{eq}} = 44 \text{ mS m}^{-1}$ ، وترتبط الناقلية النوعية للمحلول بالشوارد التي يحتويها بالناقلية النوعية

المولية الشاردية بالعلاقة: $\sigma_{\text{eq}} = \lambda_{H_3O^+} [H_3O^+]_{\text{m}} + \lambda_A [A^-]_{\text{m}}$ بتقريب 1 mS m^{-1} .

كسر التفاعل وثابت التوازن الكيميائي

1. كسر التفاعل:

تعريف: نعتبر جملة كيميائية تخضع لتحول كيميائي يُمذَج بالمعادلة:

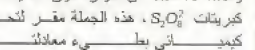


$$Q_r = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$$

تعرف كسر التفاعل Q_r في لحظة ما أثناء تطور الجملة بالعلاقة: $[C]$, $[B]$, $[D]$ يعبر عنها بالمول/التر (mol/L) و Q_r بدون وحدة اصطلاحاً.

تطبيق:

تتكون جملة كيميائية حجمها $V = 20 mL$ من $2.0 \times 10^{-4} mol$ من شوارد البود I_2 و $5.0 \times 10^{-5} mol$ من شوارد فوق أكسيد ثنائي كبريتات $S_2O_8^{2-}$ ، هذه الجملة مقرر لتتحول كيميائياً بطيء، معادلته:



1- أعط عبارة كسر التفاعل.

الحل:

$$Q_r = \frac{[I_2][SO_4^{2-}]^2}{[I_2]^2[S_2O_8^{2-}]}$$

2- التعبير عن التراكيز و Q_r بدلالة التقدم x :

نخرج جدولاً لتقدم التفاعل

$$\text{الناتج: } \frac{[I_2]}{V} = \frac{x}{V} \text{ و } \frac{[S_2O_8^{2-}]}{V} = \frac{2x}{V}$$

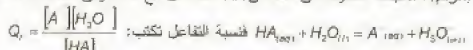
$$\text{المعادلات: } \frac{[I_2]}{V} = \frac{n_1(I) - 2x}{V} \text{ و } \frac{n_2(S_2O_8^{2-}) - x}{V}$$

$$Q_r = \frac{x(2x)^2}{(n_1(I) - 2x)^2(n_2(S_2O_8^{2-}) - x)} = \frac{4x^3}{(n_1(I) - 2x)^2(n_2(S_2O_8^{2-}) - x)}$$

3- حساب Q_r في الحالة الابتدائية ($x = 0$)

$$Q_r = \frac{4(2.5 \times 10^{-5})^3}{(2 \times 10^{-4} - 0.5 \times 10^{-4})(2.5 \times 10^{-5})} = 0.116 \approx 0.12$$

- حالة التوازن: كثيراً ما يكون الماء متفاعلاً ومذيباً في أن واحد فهو يمثل في كسر التفاعل بالرقم 1، فالجملة المكونة من الحمض HA المتفاعل مع الماء وفق معادلة التفاعل:



- حالة الجملة التي تحتوي أجساماً صلبة:

في حالة التحول الذي تدخل فيه الأجسام الصلبة كمفاعلات أو ناتج، تمثل هذه الأجسام الصلبة في كسر التفاعل اصطلاحاً بالرقم 1.

أ) قيم الـ pH محصورة بين 2,8 و 3,0 وقيم الناقية للوعية بين $43mSm^{-1}$ و $45mSm^{-1}$ والجدول التالي يشير إلى قيم التقدم النهائي المحسوبة من أجل مختلف قيم الـ pH والناقية لوعية (آخر التمرين).

1- عبر عن التقدم النهائي x_f للتفاعل بين الحمض HA والماء بدلالة σ ، والناقيات المولية الشاردية والحجم V_0 .

2- استنتج قيمة x_f .

3- احسب التراكيز المولية للأنواع HA, H_3O^+, A^- .

4- حدد نسبة التقدم النهائي τ للتفاعل.

III - دقة التقنيين المستعملين: القياس الـ pH - مترى، وقياس الناقية.

يعطى الـ pH من المستعمل قيم pH بتقريب 0,1

وحدة عن الـ pH وجهاز قياس الناقية يعطى قيم

الناقية لوعية أعط استنتاجاً مختصراً على دقة التقنيين

بدون إجراء أي حساب على الارتياح التسي

الحل:

$$1. \text{ تحديد تركيز } H_3O^+_{(aq)} : H_3O^+_{(aq)} = 10^{-pH} = 10^{-2.8} = 1,26 \times 10^{-3} mol/L$$

$$2. \text{ كتابة معادلة تفاعل الحمض مع الماء: } HA_{(aq)} + H_2O_{(l)} = A_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

$$3. \text{ حساب التقدم النهائي للتفاعل: } x_f = [H_3O^+]_{(f)} V = 1,26 \times 10^{-3} \times 0,5 = 6,3 \times 10^{-4} mol$$

4. حساب التقدم الأعظمي x_{max} :

$$n_1(HA) = x_{max} = CV = 5,55 \times 10^{-2} \times 0,5 = 2,775 \times 10^{-2} mol$$

$$5. \text{ حساب نسبة التقدم النهائي للتفاعل: } \tau = \frac{x_f}{x_{max}} = \frac{6,30 \times 10^{-4}}{2,775 \times 10^{-2}} = 2,27 \times 10^{-2} \approx 0,23$$

بما أن $\tau < 1$ فالتفاعل غير تام.

II - التعبير عن التقدم x_f بدلالة σ_{eq} ، والناقيات المولية الشاردية والحجم V_0 لدينا

$$\sigma_{eq} = (\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{A^-}) \frac{x_f}{V_0} \text{ ومنه } [H_3O^+]_{(eq)} = [A^-]_{(eq)} = \frac{x_f}{V_0} \text{ و } \sigma_{eq} = \lambda_{H_3O^+} [H_3O^+]_{(eq)} + \lambda_{A^-} [A^-]_{(eq)}$$

$$2. \text{ استنتاج قيمة } x_f : x_f = \frac{\sigma_{eq} V_0}{\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{A^-}} = \frac{44 \times 0,5 \times 10^{-3}}{35,5 + 3,8} = 5,7 \times 10^{-4} mol$$

3- احسب التراكيز المولية للأنواع HA, H_3O^+, A^-

$$[H_3O^+]_{(f)} = [A^-]_{(f)} = 1,14 \times 10^{-3} mol/L \quad [H_3O^+]_{(eq)} = \frac{x_f}{V} = \frac{5,7 \times 10^{-4}}{0,5} = 1,14 \times 10^{-3} mol/L$$

$$[HA]_{(eq)} = [HA]_{(i)} - [H_3O^+]_{(eq)} \text{ ومنه: } \frac{n(HA)}{V} = \frac{n_1(HA)}{V} - \frac{x_f}{V}$$

$$[HA]_{(eq)} = 5,55 \times 10^{-2} - 1,14 \times 10^{-3} = 4,41 \times 10^{-2} mol/L$$

4. نسبة التقدم النهائي:

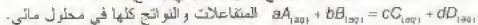
$$\left. \begin{aligned} x_f &= \sigma V / (\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{A^-}) \\ x_{max} &= CV \end{aligned} \right\} \rightarrow \tau = \frac{x_f}{x_{max}} = \frac{\sigma V}{CV(\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{A^-})} = \frac{44}{5,55(35 + 3,8)} = 0,21$$

III. بالنظر إلى النتائج المدونة في الجدول المرفق والنتائج المحصل عليها فإن الدقة في التقنيين المستعملين مقاربة.

كسر التفاعل وثابت التوازن الكيميائي

١. كسر التفاعل:

تعريف: تعتبر جملة كيميائية تخضع لتحويل كيميائي يمدج بالمعادلة:



$$Q_r = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$$

تعريف كسر التفاعل Q_r في لحظة ما أثناء تطور الجملة بالعلاقة:

التركيز $[A]$, $[B]$, $[C]$, $[D]$ يعبر عنها بالمول/التر ($mol.L^{-1}$) و Q_r بدون وحدة اصطلاحا.

تطبيق:

- تكون جملة كيميائية حجمها $V = 20 mL$ تتكون من $2.0 \times 10^{-4} mol$ من شوارد اليود I^- و $5.0 \times 10^{-5} mol$ من شوارد فوق أكسيد ثنائي كبريتات $S_2O_8^{2-}$. هذه الجملة مقرر لتحويل كيميائي بطيء معادلته:

$$2I_{(aq)} + S_2O_8^{2-}_{(aq)} = I_{2(aq)} + S_2O_8^{2-}_{(aq)}$$
 أعط عيار Q_r كسر التفاعل.
- عبر عن تراكيز المتفاعلات والنواتج بـ x بدلالة تقدم التفاعل x واستنتج عيار Q_r بدلالة x .
- احسب كسر التفاعل في الحالتين الابتدائية $Q_{r,i}$ وعند زمن نصف التفاعل $Q_{r,1/2}$ علما أن التقدم عند زمن نصف التفاعل $x_{1/2} = 2.5 \times 10^{-5} mol$.

الحل:

$$Q_r = \frac{[I_2][S_2O_8^{2-}]}{[I^-]^2[S_2O_8^{2-}]}$$

٢- التعبير عن التراكيز و Q_r بدلالة التقدم x :

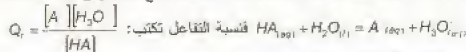
المتصلة	$2I_{(aq)} + S_2O_8^{2-}_{(aq)} = I_{2(aq)} + 2SO_4^{2-}_{(aq)}$
النقص	كميات المادة بالمول
٥	٥
١	١
٢	٢
٣	٣
٤	٤
٥	٥
٦	٦
٧	٧
٨	٨
٩	٩
١٠	١٠
١١	١١
١٢	١٢
١٣	١٣
١٤	١٤
١٥	١٥
١٦	١٦
١٧	١٧
١٨	١٨
١٩	١٩
٢٠	٢٠
٢١	٢١
٢٢	٢٢
٢٣	٢٣
٢٤	٢٤
٢٥	٢٥
٢٦	٢٦
٢٧	٢٧
٢٨	٢٨
٢٩	٢٩
٣٠	٣٠
٣١	٣١
٣٢	٣٢
٣٣	٣٣
٣٤	٣٤
٣٥	٣٥
٣٦	٣٦
٣٧	٣٧
٣٨	٣٨
٣٩	٣٩
٤٠	٤٠
٤١	٤١
٤٢	٤٢
٤٣	٤٣
٤٤	٤٤
٤٥	٤٥
٤٦	٤٦
٤٧	٤٧
٤٨	٤٨
٤٩	٤٩
٥٠	٥٠
٥١	٥١
٥٢	٥٢
٥٣	٥٣
٥٤	٥٤
٥٥	٥٥
٥٦	٥٦
٥٧	٥٧
٥٨	٥٨
٥٩	٥٩
٦٠	٦٠
٦١	٦١
٦٢	٦٢
٦٣	٦٣
٦٤	٦٤
٦٥	٦٥
٦٦	٦٦
٦٧	٦٧
٦٨	٦٨
٦٩	٦٩
٧٠	٧٠
٧١	٧١
٧٢	٧٢
٧٣	٧٣
٧٤	٧٤
٧٥	٧٥
٧٦	٧٦
٧٧	٧٧
٧٨	٧٨
٧٩	٧٩
٨٠	٨٠
٨١	٨١
٨٢	٨٢
٨٣	٨٣
٨٤	٨٤
٨٥	٨٥
٨٦	٨٦
٨٧	٨٧
٨٨	٨٨
٨٩	٨٩
٩٠	٩٠
٩١	٩١
٩٢	٩٢
٩٣	٩٣
٩٤	٩٤
٩٥	٩٥
٩٦	٩٦
٩٧	٩٧
٩٨	٩٨
٩٩	٩٩
١٠٠	١٠٠

$$Q_r = \frac{x(2x)^2}{(n_1 - 2x)^2(n_2 - x)} = \frac{4x^3}{(n_1 - 2x)^2(n_2 - x)}$$

٣- حساب $Q_{r,i}$ في الحالة الابتدائية ($x=0$):

$$Q_{r,i} = \frac{4(2.5 \times 10^{-5})^3}{(2 \times 10^{-4} - 0.5 \times 10^{-4})^2(2.5 \times 10^{-5})} = 0.116 \approx 0.12$$

- حالة المذيب: كثير ما يكون الماء متفاعلا ومذيبا في أن واحد فهو يمثل في كسر التفاعل بالرغم، فالجملة المكونة من الحمض HA المتفاعل مع الماء وفق معادلة التفاعل:



- حالة الجملة التي تحتوي أجساما صلبة:

في حالة التحويل الذي تدخل فيه الأجسام الصلبة كمتفاعلات أو نواتج، تمثل هذه الأجسام الصلبة في كسر التفاعل اصطلاحا بالرغم ١.

$$x_r = n_r(H_2O^+) = [H_2O^+]_{aq} V \quad x_{max} = n_r(HA) = CV \quad \tau = \frac{[H_2O^+]_{aq}}{C}$$

$$\tau_1 = \frac{8.77 \times 10^{-4}}{5.0 \times 10^{-2}} = 1.8 \times 10^{-2} \quad S_1 \text{ في المحلول}$$

$$\tau_2 = \frac{2.79 \times 10^{-3}}{5.0 \times 10^{-2}} = 5.6 \times 10^{-2} \quad S_2 \text{ في المحلول}$$

تتوقف نسبة التقدم النهائي على ثابت التوازن رغم أن الحمضين لهما نفس التركيز الابتدائي.

تطبيق ٢:

$C(mol.l^{-1})$	$\sigma(Sm^{-1})$	البك جدول لقيم التوافقية النوعية الموافقة لتركيز مختلفة لحمض الإيثانويك
$5.0 \cdot 10^{-2}$	$3.43 \cdot 10^{-2}$	ما قيمة نسبة التقدم النهائي لتفاعل الحمض مع الماء في كل حالة وهل يتوقف على الحالة الابتدائية؟
$1.0 \cdot 10^{-2}$	$1.53 \cdot 10^{-2}$	
5.10^{-3}	$1.07 \cdot 10^{-2}$	

الحل:

$$\tau = \frac{[H_3O^+]_{aq}}{C}$$

$$\text{حيث: } \sigma = \lambda_{H_3O^+} + \lambda_{CH_3COO^-}$$

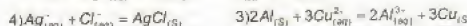
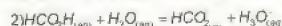
نحسب تراكيز شوارد الأيونيوم

ونرتب النتائج في الجدول التالي: تتوقف نسبة التقدم النهائي على الحالة الابتدائية للجملة.

تمرين ١:

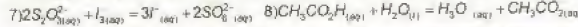
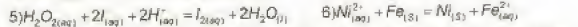
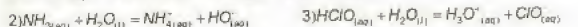
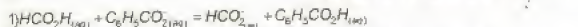
١- $Q_r = \frac{[CH_3CO_2^-][HCO_2H]}{[HCO_2^-][CH_3CO_2H]}$	استنتج معادلة التفاعل انطلاقا من عبارة كسر التفاعل
٢- $4 - Q_r = \frac{1}{[Ag^+][Cl^-]}$	٣- $3 - Q_r = \frac{[AP^{3-}]^2}{[Cu^{2+}]}$
٤- $2 - Q_r = \frac{[HCO_2^-][H_3O^+]}{[HCO_2H]}$	

الحل:



تمرين ٢:

أعط من أجل كل معادلة كسر التفاعل الموافق



$$x_{\text{HNO}_3} = n_1(\text{HA}) = \text{CV}$$

$$r_1 = \frac{8.77 \times 10^{-4}}{5.0 \times 10^{-2}} = 1.8 \times 10^{-2} : S_1 \text{ المحلول}$$

$$r_2 = \frac{2.79 \times 10^{-3}}{5.0 \times 10^{-2}} = 5.6 \times 10^{-2} : S_2 \text{ المحلول}$$

تتوقف نسبة التقدم النهائي على ثابت التوازن رغم أن الحمضين لهما نفس التركيز الابتدائي.

تطبيق 2:

إليك جدول لقيم الثابتية النوعية الموافقة لتركيز مختلفة لحمض الإيثانويك		
$C(\text{mol.l}^{-1})$	$\alpha(\text{Sm}^{-1})$	
$5.0 \cdot 10^{-2}$	$3.43 \cdot 10^{-2}$	
$1.0 \cdot 10^{-2}$	$1.53 \cdot 10^{-2}$	
5.10^{-3}	$1.07 \cdot 10^{-2}$	

— ما قيمة نسبة التقدم النهائي لتفاعل الحمض مع الماء في كل حالة وهل يتوقف على الحالة الابتدائية؟

الحل:

$C(\text{mol.l}^{-1})$	$[H_3O^+]_{\text{eq}} (\text{mol.l}^{-1})$	τ
$5.0 \cdot 10^{-2}$	$0.88 \cdot 10^{-3}$	0.008
$1.0 \cdot 10^{-2}$	$0.39 \cdot 10^{-3}$	0.039
5.10^{-3}	$0.27 \cdot 10^{-3}$	0.054

$$\tau = \frac{[H_3O^+]_{\text{eq}}}{C}$$

$$\text{حيث: } \sigma = \frac{1}{\lambda_{\text{HCO}_2^-} + \lambda_{\text{H}_3\text{O}^+}}$$

تحتسب تركيز شوارد الأكسونيوم

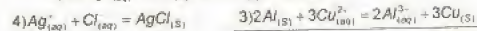
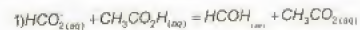
وترتب النتائج في الجدول التالي: تتوقف نسبة التقدم النهائي على الحالة الابتدائية للجملة.

تمرين 1:

$$1 - Q_r = \frac{[CH_3CO_2^-][HCO_2H]}{[HCO_2^-][CH_3CO_2H]}$$

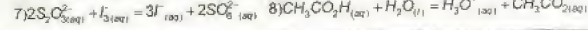
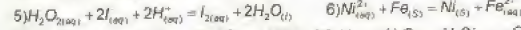
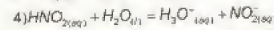
$$4 - Q_r = \frac{1}{[Ag^+][Cl^-]} \quad 3 - Q_r = \frac{[A^{3+}]^2}{[Cu^{2+}]^3} \quad 2 - Q_r = \frac{[HCO_2^-][H_3O^+]}{[HCO_2H]}$$

الحل:



تمرين 2:

أعط من أجل كل معادلتكس التفاعل الموافق



تطور جملة كيميائية نحو حالة التوازن

$$Q_r = \frac{1}{[Cu^{2+}][HO^-]^2} \quad \text{فإن: } Cu^{2+}_{(aq)} + 2HO_{(aq)} = Cu(OH)_{2(s)}$$

خواص كسر التفاعل - تتوقف عبارة كسر التفاعل على جهة كتابة معادلة التفاعل، فكمرا التفاعل للتفاعلين المعكوسين أحدهما يساوي مقلوب الآخر.
- يتوقف كسر التفاعل على تقدم التفاعل.

II. ثابت التوازن:

باخذ كسر التفاعل Q_r عند حالة التوازن والتوازن فقط قيمة مستقلة عن التركيب الابتدائي للجملة، تميزها عند هذه الحالة هي $Q_{r,eq}$ والتي يرمز لها بـ K يدعى ثابت التوازن والذي يتوقف على درجة الحرارة فقط ضمن أجل معادلة التفاعل التالي في محلول مائي:

$$K = Q_{r,eq} = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b} \quad \text{باكتب ثابت التوازن بالشكل: } aA_{(aq)} + bB_{(aq)} = cC_{(aq)} + dD_{(aq)}$$

ثابت التوازن بدون أبعاد وقيمته بدون وحدة.

— خارج حالة التوازن فإن $Q_r \neq K$.

نسبة التقدم النهائي وثابت التوازن:

1- تتوقف نسبة التقدم النهائي على ثابت التوازن.

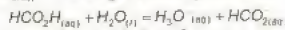
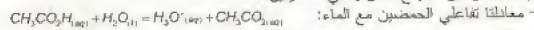
2- تتوقف نسبة التقدم النهائي على الحالة الابتدائية للجملة.

تطبيق 1:

محلولان أحدهما لحمض الأيتانويك S_1 والآخر لحمض الميثانويك S_2 لهما نفس التركيز $C = 5.0 \times 10^{-2} \text{ mol.l}^{-1}$ ، وثابتاتهما النوعيتان على الترتيب هما $\sigma_1 = 3.43 \times 10^{-2} \text{ Sm}^{-1}$ ، $\sigma_2 = 1.6 \times 10^{-2} \text{ Sm}^{-1}$ وثابتا توازنهما: $K_1 = 1.6 \times 10^{-4}$ ، $K_2 = 1.6 \times 10^{-4}$.
1- حدد تركيز الأنواع الشاردية في المحلولين يعطى:
 $\lambda_{CH_3CO_2^-} = 4.09 \text{ Sm}^2 \text{ mol}^{-1}$ ، $\lambda_{HCO_2^-} = 5.46 \text{ Sm}^2 \text{ mol}^{-1}$ ، $\lambda_{H_3O^+} = 35.0 \text{ Sm}^2 \text{ mol}^{-1}$
2- ما قيمة نسبة التقدم النهائي للتفاعل بين الحمض والماء في كل حالة؟ وهل يتوقف على ثابت التوازن K ؟

الحل

1) تحديد تراكيز الأنواع الشاردية في المحلولين:



في المحلول S_1 : $[CH_3CO_2^-] = [H_3O^+]$ وفي المحلول S_2 : $[HCO_2^-] = [H_3O^+]$

عند التوازن يكون بالنسبة للمحلول S_1 : $\sigma_1 = \lambda_{H_3O^+} [H_3O^+]_{eq} + \lambda_{CH_3CO_2^-} [CH_3CO_2^-]_{eq}$

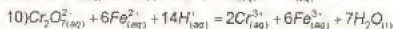
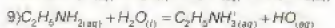
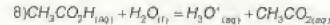
$$[CH_3CO_2^-]_{eq} = [H_3O^+]_{eq} = \frac{\sigma_1}{\lambda_{CH_3CO_2^-} + \lambda_{H_3O^+}} = \frac{3.43 \times 10^{-2}}{(4.09 + 35)10^{-3}} = 0.877 \text{ mol.l}^{-1} = 0.877 \times 10^{-4} \text{ mol.l}^{-1}$$

وبالمثل بالنسبة لـ S_2 :

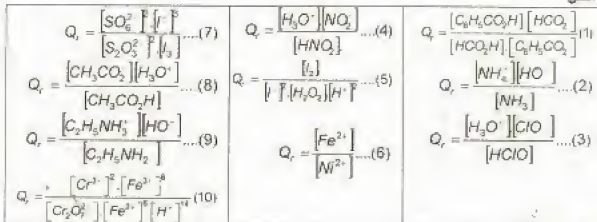
$$[H_3O^+]_{eq} = [HCO_2^-]_{eq} = \frac{\sigma_2}{\lambda_{HCO_2^-} + \lambda_{H_3O^+}} = \frac{1.29 \times 10^{-2}}{(5.46 + 35)10^{-3}} = 2.79 \text{ mol.l}^{-1} = 2.79 \times 10^{-3} \text{ mol.l}^{-1}$$

2) حساب نسبة التقدم النهائي لكل حمض: $\tau = X_1 / X_{\text{HNO}_3}$

تطور جملة كيميائية نحو حالة التوازن



الحل

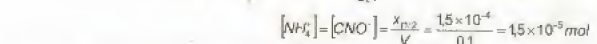
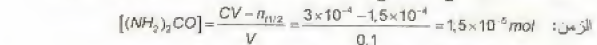
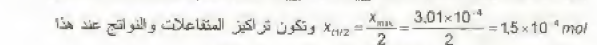
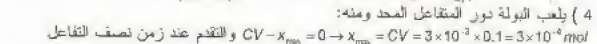
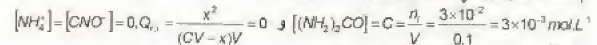
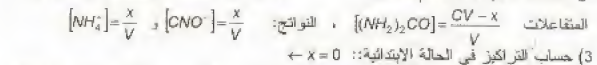
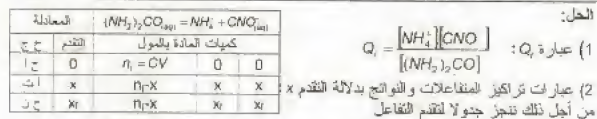


تمرين 3:

تتكون جملة كيميائية حجمها $V = 100 \text{ mL}$ من $3.0 \times 10^{-3} \text{ mol}$ من $(NH_4)_2CO_3$ صيفتها: $(NH_4)_2CO_3$ والتي هي مقر لتحول كيميائي بطيء و تتم معادلته: $(NH_4)_2CO_3 = NH_4^+ + CNO^-_{(aq)}$

- أعط عبارة كسر التفاعل.
- أعط عبارة التراكيز بدلالة التقدّم x وكميات المادة.
- أحسب التركيز في الحالة الابتدائية واستنتج قيمة Q_r .
- أحسب للتقدّم الأعظمي ثم للتقدّم عند زمن نصف التفاعل واستنتج تراكيز المتفاعلات والناتج عند $t_{1/2}$ كسر التفاعل $Q_{r,1/2}$.

الحل:



$$Q_{r,1/2} = \frac{x_{1/2}^2}{V(CV - x_{1/2})} = \frac{(1.5 \times 10^{-4})^2}{0.1(3 \times 10^{-4} - 1.5 \times 10^{-4})} = 1.5 \times 10^{-6}$$

تمرين 4:

لنكن جملة كيميائية حجمها V وتركيزها C مقرا لتفاعل حمض-أساس محدود بين الحمض HA والماء.

1- أنجز جدولاً وصفيًا لتقدم التفاعل. 2- أعط عبارة كسر التفاعل عند التوازن.

3- بين أن K يمكن أن يكتب بالعبارات التالية: $K = \frac{[H_3O^+] [A^-]}{[HA] [H_2O]}$ ، $K = \frac{x_{eq}^2}{V(CV - x_{eq})}$ ، $K = \frac{C^2}{1 - \tau}$

الحل:

(1) إنجاز الجدول الوصفي لتقدم التفاعل:

(2) عبارة كسر التفاعل عند التوازن:

$$Q_{r,eq} = K = \frac{[A^-] [H_3O^+]}{[HA]}$$

3- لنبدأ: $[H_3O^+]_{eq} = [A^-]_{eq} = \frac{x_{eq}}{V}$ ومنه: $[HA]_{eq} = \frac{CV - x_{eq}}{V}$

$$K = \frac{[H_3O^+] [A^-]}{[HA] [H_2O]} = \frac{\frac{x_{eq}^2}{V^2}}{\frac{CV - x_{eq}}{V} \cdot C} = \frac{x_{eq}^2}{V^2 - (CV - x_{eq})V}$$

لنبدأ: $K = \frac{C^2 \tau^2}{V(CV - C\tau)} = \frac{C^2 \tau^2}{CV^2(1 - \tau)}$ ، $\tau = \frac{x_{eq}}{x_{\text{max}}} \rightarrow x_{eq} = CV\tau$

تمرين 5:

أعطي قياس ناقليّة تفاعل حمض الميثانويك مع الماء عند التوازن القيمة $G_{eq} = 2.2 \times 10^{-4} \text{ S}$

بواسطة خلية قياس الناقليّة ثابتاً $K = 125 \text{ m}^2 \text{ mol}^{-1}$ علماً أن حجم المحلول الحمضي $V = 100 \text{ mL}$

وتركيّزه $C = 2.5 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ ، H_3O^+ ، HCO_2^-

$$\lambda_{HCO_2^-} = 5.46 \times 10^{-3} \text{ Sm}^2 \text{ mol}^{-1} , \lambda_{H_3O^+} = 35 \times 10^{-3} \text{ Sm}^2 \text{ mol}^{-1}$$

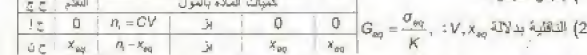
1- أنجز جدولاً وصفيًا لتطور الحادث.

2- عبر عن الناقليّة G_{eq} عند التوازن بدلالة V ، x_{eq} ، استنتج x_{eq} ($x_{eq} = x_r$)

3- عبر عن كسر التفاعل عند التوازن بدلالة V ، x_{eq} ، أحسب $Q_{r,eq}$.

الحل:

(1) إنجاز الجدول:



$G_{eq} = \frac{\sigma_{eq}}{K}$ ، $\sigma_{eq} = \lambda_{H_3O^+} [H_3O^+]_{eq} + \lambda_{HCO_2^-} [HCO_2^-]_{eq}$ ومنه: $\sigma_{eq} = \lambda_{H_3O^+} [H_3O^+]_{eq} + \lambda_{HCO_2^-} [HCO_2^-]_{eq}$

ومن جدول التقدم: $[H_3O^+]_{eq} = [HCO_2^-]_{eq} = \frac{x_{eq}}{V}$

$[HCO_2H]_{eq} = \frac{CV - x_{eq}}{V}$ ومنه: $[H_3O^+]_{eq} = [HCO_2^-]_{eq} = \frac{x_{eq}}{V}$

$$G_{eq} = \frac{(A_{HCO_3^-} + A_{H_2O})x_{eq}}{KV} \rightarrow x_{eq} = \frac{KV A_{eq}}{A_{HCO_3^-} + A_{H_2O}}$$

$$x_{eq} = \frac{125.10^{-4} \cdot 2.2 \times 10^{-4}}{(5.46 + 35)10^{-3}} = \frac{275 \times 10^{-5}}{40.46} = 6.8 \times 10^{-5} mol$$

(3) عبارة Q_{eq} بدلالة x_{eq} ، ثم حساب قيمته:

$$Q_{eq} = \frac{[HCO_3^-]_{eq} [H_2O]_{eq}}{[HCO_2H]_{eq}} = [H_2O]_{eq} = [HCO_2]_{eq} = \frac{x_{eq}}{V}$$

$$Q_{eq/2} = \frac{x_{eq}^2}{V(CV - x_{eq})} = \frac{(6.8 \times 10^{-5})^2}{0.1 \times 5.0 \times 10^{-2} \times 10^{-1} - 6.8 \times 10^{-5}} = 2.5 \times 10^{-4}$$

تمرين 6:

نفس ناقلتي محلولين مائتين لحمض اليتالونيك (محلول 1) وحض فلور هيدروجين (محلول 2) لهما نفس التركيز $C = 100 \times 10^{-2} mol \cdot l^{-1}$ ونفس الحجم $V = 100 mL$ ، وثبتت خلية جهاز قياس لنقلية $K = 100 m$.
 حصلنا على القياسين التاليين $S_1 = 4.88 \times 10^{-6} S$ ، $S_2 = 2.19 \times 10^{-4} S$ في درجة $25^\circ C$.
 1- أكتب المعادلتين الكيميائيتين لتفاعلي الحمضين مع الماء.
 2- (a) أنجز جدولاً وصفاً عاماً لتطور التحول الحادث بين الحمض HA والماء.
 (b) ما هو التقدم الأعظمي لكل تفاعل؟
 3- احسب باستعمال الناقلتين التقدم عند التوازن للتفاعلين، ونسبة التقدم النهائي لكل تفاعل.
 4- هل التحولين الحادثين بين الحمضين والماء تامين أو محدودين؟
 5- حدد pH كل محلول.
 6- أعط عبارتي كسر التفاعل واستنتج ثابت التوازن الموائقي لكل تفاعل.
 يعطى: $A_1 = 55.4 \times 10^{-4} Sm^2 mol^{-1}$ ، $A_{H_2O} = 348.8 \times 10^{-4} Sm^2 mol^{-1}$ ، $A_{HCO_2} = 40.9 \times 10^{-4} Sm^2 mol^{-1}$

الحل

1/ كتابة معادلتى التفاعل:

المعادلة	$AH_{(aq)} + H_2O_{(l)} = A'_{(aq)} + H_2O'_{(aq)}$	النظم	ج
1	$H_2O_{(l)} + CH_3CO_2H_{(aq)} = H_2O'_{(aq)} + CH_3CO_2'_{(aq)}$	كميات المادة بالشو	ج
2	$HF_{(aq)} + H_2O_{(l)} = F'_{(aq)} + H_2O'_{(aq)}$	كميات المادة بالشو	ج
3		كميات المادة بالشو	ج
4		كميات المادة بالشو	ج
5		كميات المادة بالشو	ج
6		كميات المادة بالشو	ج
7		كميات المادة بالشو	ج
8		كميات المادة بالشو	ج

2- (a) إنجاز الجدول:

b. بشكل كل حمض المتفاعل المحد والماء متقابل ومنسوب لكل حمض ومنه

$$CV - x_{max} = 0 \rightarrow x_{max} = CV = 100 \times 10^{-2} \times 0.1 = 100 \times 10^{-4} mol$$

$$G_2 = \frac{Q_2}{K_2}, G_1 = \frac{Q_1}{K_1} \Rightarrow G = \frac{Q}{K}$$

$$G_1 = \frac{(A_{H_2O} + A_{CH_3CO_2})x_{eq}}{KV} \text{ ومنه } [H_2O]_{eq} = [CH_3CO_2]_{eq} = \frac{x_{eq}}{V}$$

$$G_2 = \frac{(A_{H_2O} + A_{CH_3CO_2})x_{eq}}{KV}$$

$$x_{eq} = \frac{G \cdot KV}{A_{H_2CO_3} + A_{H_2O}} = \frac{4.88 \times 10^{-6} \times 100 \times 100 \times 10^{-6}}{(4.09 + 348.8)10^{-4}} = \frac{4.88 \times 10^{-7}}{390.7 \times 10^{-4}} = 1.2 \times 10^{-2} mol$$

$$x_{eq} = \frac{G_2 \cdot KV}{A_1 + A_{H_2O}} = \frac{2.19 \times 10^{-4} \times 100 \times 100 \times 10^{-6}}{(55.4 + 348.8)10^{-4}} = 5.4 \times 10^{-3} mol$$

$$r_2 = \frac{x_{eq2}}{x_{max}} = \frac{5.4 \times 10^{-3}}{100 \times 10^{-4}} = 5.4 \times 10^{-1}, r_1 = \frac{x_{eq1}}{x_{max}} = \frac{1.2 \times 10^{-2}}{100 \times 10^{-4}} = 1.2 \times 10^{-1}$$

$r_2 < r_1 < 1$ فالنظامين محدودين.

5- قياس pH كل محلول: من أجل ذلك نحسب تركيز شوارد الألكسونيوم في كل محلول:

$$[H_2O']_{eq1} = \frac{x_{eq1}}{V} = \frac{1.2 \times 10^{-2}}{0.1} = 1.2 \times 10^{-1} mol \cdot l^{-1} \rightarrow pH_1 = -\log[H_2O']_{eq1} = 3.92$$

$$[H_2O']_{eq2} = \frac{x_{eq2}}{V} = \frac{5.4 \times 10^{-3}}{0.1} = 5.4 \times 10^{-2} mol \cdot l^{-1} \rightarrow pH_2 = 3.26$$

6- عبارة كسري التفاعل وثابتا التوازن لنظامي:

$$Q_{r2} = \frac{[F]_{eq2} [H_2O']_{eq2}}{[HF]} = \frac{[CH_3CO_2]_{eq2} [H_2O']_{eq2}}{[CH_3CO_2H]}$$

عند التوازن يكون $Q_{r2} = K$ ومنه

$$K_1 = \frac{[CH_3CO_2]_{eq1} [H_2O']_{eq1}}{[CH_3CO_2H]_{eq1}} = \frac{x_{eq1}^2}{V(CV - x_{eq1})} = \frac{(1.2 \times 10^{-2})^2}{0.1(100 \times 10^{-4} - 1.2 \times 10^{-2})} = 1.6 \times 10^{-5}$$

$$K_2 = \frac{x_{eq2}^2}{V(CV - x_{eq2})} = \frac{(5.4 \times 10^{-3})^2}{0.1(100 \times 10^{-4} - 5.4 \times 10^{-3})} = 6.3 \times 10^{-4}$$

تمرين 7:

محلول لحمض الأسكوربيك (فيتامين C) نرمز له بـ HA ، حجمه $V = 100 mL$ وتركيزه الأيوني $C = 2.8 \times 10^{-2} mol \cdot l^{-1}$ له $pH = 2.8$. يتفاعل مع الماء

1- أنجز جدولاً تلخيصياً لتطور الحادث بين الحمض والماء.

2- احسب التقدم الأعظمي x_{max} .

3- هل من اللازم معرفة درجة الحرارة من أجل قياس pH المحلول؟ ماذا يجب فعله قبل إجراء القياس؟ ماذا نحتاج من أجل ذلك؟

4- استنتج من قياس pH التركيز المولي لشوارد الألكسونيوم عند التوازن.

5- أوجد عبارة التقدم عند التوازن x_{eq} واحسب قيمته ثم احسب قيمة نسبة التقدم النهائي لتفاعل.

6- عرف حالة التوازن، ما هي الأنواع الكيميائية المتواجدة عند التوازن؟

7- أعط عبارة ثابت التوازن لتفاعل الحمض مع الماء بدلالة التراكيز المولية للأنواع المتواجدة

ثم بدلالة V, C, x_{eq} احسب قيمته.

8- من أجل محلول تركيزه المولي $C = 100 \times 10^{-2} mol \cdot l^{-1}$ ما قيمة ثابت التوازن؟

الحل:

(1) إنجاز جدول التقدم:

(2) المتفاعل المحد هو الحمض لأن الماء

متقابل ومنسوب موجود بزيادة.

لو يكون التفاعل تاماً يستهلك الحمض

بشكل تام ومنه

$$CV - x_{max} = 0 \rightarrow x_{max} = CV = 2.8 \times 10^{-2} \times 0.1 = 2.8 \times 10^{-3} mol$$

(3) - نعم، يجب معرفة درجة حرارة المحلول لأن pH يتوقف على درجة الحرارة.

(3) عبارة الناقلية النوعية لدينا: $\sigma_{eq} = \lambda_{H_2O^+} [H_2O^+] + \lambda_{CH_3CO_2} [CH_3CO_2^-]$
من جدول التقدم: $\sigma_{eq} = (\lambda_{H_2O^+} + \lambda_{CH_3CO_2}) [H_2O^+] = [CH_3CO_2^-]_{eq}$ ومنه

$$[H_2O^+]_{eq} = \frac{\sigma_{eq}}{\lambda_{CH_3CO_2} + \lambda_{H_2O^+}} = \frac{1.64 \times 10^{-2}}{4.09 + 35.01 \times 10^{-3}} = 4.20 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{m}^{-3} = 4.20 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

(4) عبارة نسبة التقدم النهائي r : لدينا: $r = \frac{x_{eq}}{x_{max}}$ ومن الجدول $x_{eq} = [H_2O^+]_{eq} V$

لو كان التفاعل تاما فإن $CV - x_{max} = 0$ ومنه: $x_{max} = CV \rightarrow r = \frac{[H_2O^+]_{eq} V}{CV} = \frac{[H_2O^+]_{eq}}{C}$

$$r = \frac{4.20 \times 10^{-4}}{10^{-2}} = 4.20 \times 10^{-2}$$

(5) عبارة ثابت التوازن: $K = \frac{[CH_3CO_2^-]_{eq} [H_2O^+]_{eq}}{[CH_3CO_2H]_{eq}}$ ولدينا: $K = \frac{x_{eq}}{V}$

$$[CH_3CO_2H]_{eq} = \frac{CV - x_{eq}}{V} = C - \frac{x_{eq}}{V} = C - [H_2O^+]_{eq}$$

$$K = \frac{[H_2O^+]_{eq}^2}{C - [H_2O^+]_{eq}} \rightarrow K = \frac{(4.20 \times 10^{-4})^2}{10^{-2} - 4.20 \times 10^{-4}} = 1.84 \times 10^{-5}$$

$$\frac{\Delta K}{K} = \frac{|K_m - K_{exp}|}{K_m} = 3.3\% \quad (6) \text{ حساب الإرتياب النسبي}$$

تمرين 9:

حتى يدافع التمل عن نفسه يستعمل وسائل منها الفكن من أجل مسك وتوقيف عدوها بينما نستعمل حمض التمل لحرق فرسيته، فالتملة المهذبة بإمكانها قفّ عدوها بنقطة من حمض التمل على بعد 30سم، حمض التمل صيغته $HCOOH$ وينحل في الماء، نريد دراسة بعض خواص محلول هذا الحمض، الناقلتين الموليتين الشارديتان عند $25^\circ C$:

$$\lambda_{H_2O^+} = 35.0 \times 10^{-3} \text{ Sm}^2 \text{ mol}^{-1}, \lambda_{HCOO^-} = 5.46 \times 10^{-3} \text{ Sm}^2 \text{ mol}^{-1}$$

1- نضع في حوجة عيارية حجمها $V_0 = 100 \text{ mL}$ كتلة m من حمض الميثانويك ثم نكمل مالا الحوجة بالماء النقي حتى خط العيار ثم نجانسهaf فتحصل على محلول حمض التمل تركيزه المولي $C_0 = 1.0 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

a- احسب الكتلة m

b- اكتب معادلة التفاعل للحمض مع الماء.

c- أنجز جدولا وصفيًا لتطور التحول الكيميائي بدلالة C_0, V_0, x_{eq} .

d- عبر عن نسبة التقدم النهائي r بدلالة تركيز شوارد الأكسونيوم عند التوازن $[H_2O^+]_{eq}, C_0$.
e- أعط عبارة كسر التفاعل عند التوازن Q_{eq} وبين أن كسر التفاعل يمكن أن يكتب:

$$Q_{eq} = \frac{[H_2O^+]_{eq} (C_0 - [H_2O^+]_{eq})}{[H_2O^+]_{eq}}$$

2 - عبر عن الناقلية النوعية σ لمحلول حمض الميثانويك عند التوازن بدلالة الناقليتين الموليتين الشارديتين للشوارد المتواجدة وتركيز شوارد الأكسونيوم $[H_2O^+]_{eq}$ ، استنتج عبارة $[H_2O^+]_{eq}$.
3 - أعطى قياس الناقلية النوعية للمحلول S_0 القيمة

يجب عبارة جهاز pH - متر قفيل معاير، من أجل ذلك نحضر محمرا 1 ومحلول معاير

(4) لدينا: $pH = 2.8 \leftarrow [H_2O^+]_{eq} = 10^{-2.8} = 1.6 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

(5) عبارة التقدم x_{eq} : $x_{eq} = \frac{[H_2O^+]_{eq}}{V} \rightarrow x_{eq} = [H_2O^+]_{eq} V = 1.6 \times 10^{-4} \text{ mol}$

- نسبة التقدم النهائي: $r = \frac{x_r}{x_{max}} = \frac{1.6 \times 10^{-4}}{2.8 \times 10^{-4}} = 0.06$

(6) عند التوازن لا تتغير فراكيز الأفراد أي يتوقف تطور الجملة.

والأفراد المتواجدة في المحلول هي: $H_2O^+, A_{(aq)}, HA_{(aq)}$

(7) عبارة ثابت التوازن: $K = Q_{eq} = \frac{[A]_{eq} [H_2O^+]_{eq}}{[HA]_{eq}}$

- عبارة K بدلالة V, C, x_{eq} : لدينا: $[H_2O^+]_{eq} = [A]_{eq} = \frac{x_{eq}}{V}$

- كمية الحمض المتبقى هي: $CV - x_{eq}$ ومنه $[HA]_{eq} = \frac{CV - x_{eq}}{V}$ و $K = \frac{x_{eq}^2}{V(CV - x_{eq})}$

$$K = \frac{(1.6 \times 10^{-4})^2}{0.1(2.8 \times 10^{-2} - 0.1 - 1.6 \times 10^{-4})} = 9.7 \times 10^{-5}$$

(8) ثابت التوازن هو خاصية مميزة لتفاعل كيميائي يتعلق بمعادلة التفاعل، ولا يتعلق بالتركيز الابتدائي للحمض ومنه $K = 9.7 \times 10^{-5}$.

تمرين 8:

محلول للحمض الإيتانويك حجمه $V = 50 \text{ mL}$ وتركيزه المولي $C = 0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ قياس ناقلية النوعية عند التوازن أعطى $\sigma_{eq} = 1.64 \times 10^{-2} \text{ Sm}^{-1}$ والناقلتان الموليتان الشارديتان هما:

$$\lambda_{H_2O^+} = 35.0 \times 10^{-3} \text{ Sm}^2 \text{ mol}^{-1}, \lambda_{CH_3CO_2} = 4.09 \times 10^{-3} \text{ Sm}^2 \text{ mol}^{-1}$$

1- أنجز جدولا وصفيًا للتحول الحادث بين حمض الإيتانويك والماء.

2- من أجل قياس الناقلية النوعية σ للمحلول نضع مسبار جهاز قياس الناقلية في المحلول لكتور البوتاسيوم تركيزه $10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ما هو الهدف من هذه العملية؟ إلى ماذا ترمي؟

3- حدد عبارة الناقلية النوعية عند التوازن بدلالة التراكيز المولية للأنواع المتواجدة في المحلول، ثم بدلالة $[H_2O^+]_{eq}$ ، ثم استنتج عبارة $[H_2O^+]_{eq}$ واحسب قيمته.

4- أوجد عبارة نسبة التقدم النهائي بدلالة $[H_2O^+]_{eq}, C$ ثم احسب قيمته.

5- عبر عن ثابت التوازن بدلالة $[H_2O^+]_{eq}, C$ ثم احسب قيمته التجريبية.

6- إذا كانت القيمة النظرية لثابت التوازن: $K_B = 1.78 \times 10^{-5}$ احسب الإرتياب النسبي على القياس.

الحل:

(1) التحول:

(2) نستعمل محلول كلور البوتاسيوم

ذو التركيز $10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ لمعايرة جهاز قياس الناقلية، تضبط الجهاز حتى يعطي قيمة الناقلية النوعية عند درجة المحاليل المقاسة.

المعادلة	$CH_3CO_2H_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons CH_3CO_2^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$	كميات المادة بالمول	القدم	ح
ح	0	يز	0	0
ح	0	يز	x	x
ح	x_{eq}	يز	x_{eq}	x_{eq}

تطور جملة كيميائية نحو حالة التوازن

المحلول	S ₀	S ₁
C ₁ (mol.L ⁻¹)	0,010	0,1
α (Sm ⁻¹)	0,050	0,16
[H ₃ O ⁺] _{eq} (mol.m ⁻³)	4,0	
[H ₃ O ⁺] _{eq} (mol.L ⁻¹)	4,0 × 10 ⁻³	
τ (%)	4,0	
Q _{r,eq}	17 × 10 ⁻⁴	

المتوصل إليها سابقاً أكمل الجدول المقابل.
4 - تحقق نفس الدراسة باستعمال محلول S₁ لحضض النمل تركيزه $C_1 = 0,10 \text{ mol.L}^{-1}$ والنتائج المحصل عليها مدونة بالجدول. - استنتج تأثير تركيز المحلول على:
a - نسبة التقدم النهائي للتفاعل.
b - نسبة التفاعل في حالة التوازن.

الحل:

1 - a - حساب m : لدينا $n/V_0 = m/MV_0$ عند 25°C : $\sigma_{eq} = 0,05 \text{ Sm}^{-1}$
 $M_{\text{HCOOH}} = 46 \text{ g.mol}^{-1}$, $C_0 = n/V_0 = m/MV_0$
 $m = C_0 V_0 M = 1,0 \times 10^{-2} \times 0,046 = 4,6 \times 10^{-2} \text{ g}$

b - $\text{HCO}_2\text{H}_{(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} = \text{HCO}_2^-_{(aq)} + \text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$

المعادلة	المقدار	المقدار	المقدار	المقدار	المقدار
$\text{HCO}_2\text{H}_{(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} = \text{HCO}_2^-_{(aq)} + \text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$	$n_1 = C_0 V_0$	n_2	n_3	n_4	n_5
تقدم	0	$n_1 - x$	x	x	x
تأثير	x	$n_1 - x_{eq}$	x_{eq}	x_{eq}	x_{eq}

c - إنجاز جدول التقدم:

والمعادلة المتوازنة هي محض الميثانويك والماء مذيب ومتفاعل وموجود

بالتزايد ومنه: $C_0 V_0 - x_{\text{max}} = 0 \rightarrow x_{\text{max}} = 1,0 \times 10^{-2} \times 0,1 = 1,0 \times 10^{-3} \text{ mol}$

d - عبارة τ : $\tau = \frac{x_{eq}}{x_{\text{max}}} = \frac{[H_3O^+]_{eq}}{[H_3O^+]_{\text{max}}} = \frac{[H_3O^+]_{eq}}{C_0}$

e - عبارة كسر التفاعل عند التوازن $Q_{r,eq}$: $Q_{r,eq} = \frac{[\text{HCO}_2^-]_{eq} [\text{H}_3\text{O}^+]_{eq}}{[\text{HCOOH}]_{eq}}$

$[\text{HCOOH}]_{eq} = C_0 V_0 - x_{eq}$ و $x_{eq} = [H_3O^+]_{eq} V_0$

$[\text{HCOOH}]_{eq} = C_0 V_0 - [H_3O^+]_{eq} V_0$ و $[H_3O^+]_{eq} = [HCO_2^-]_{eq}$

$Q_{r,eq} = \frac{[H_3O^+]_{eq} V_0}{C_0 V_0 - [H_3O^+]_{eq} V_0} = \frac{[H_3O^+]_{eq}}{C_0 - [H_3O^+]_{eq}}$

من جدول التقدم: $[H_3O^+]_{eq} = [HCO_2^-]_{eq}$ و

$\sigma = \lambda_{H_3O^+} [H_3O^+]_{eq} + \lambda_{HCO_2^-} [HCO_2^-]_{eq}$

ومنه: $\sigma = (\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{HCO_2^-}) [H_3O^+]_{eq}$ ويكون:

$[H_3O^+]_{eq} = \frac{\sigma}{\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{HCO_2^-}}$

3 - إكمال الجدول:

4 - تأثير تركيز المحلول: a - تقل نسبة التقدم النهائي بزيادة التركيز.

b - لا يؤثر التركيز على كسر التفاعل عند التوازن.

تمرين 10

نقيس خلال تجرية تراكيز محاليل مختلفة تحتوي على حمض الأسكوربيك تراكيزها المولية

البيانات C	فحصنا على:	1.0.10 ⁻¹	5.0.10 ⁻²	1.0.10 ⁻²	5.0.10 ⁻³	1.0.10 ⁻³
C (mol.L ⁻¹)		2,61	2,77	3,31	3,28	3,63
pH						

1 - أكتب معادلة تفاعل حمض الأسكوربيك والذي نرسم له يد HA مع الماء.

2 - أكتب علاقة ثابت التوازن المرفقة بهذا التفاعل.

3 - من أجل كل جملة كيميائية عين التركيز المولي النهائي للأفراد الكيميائية واستنتج النسبة

$r = \frac{[HA]}{[A^-]}$

4 - مثل بيانياً تطور $[H_3O^+]_{eq}$ بدلالة r .

5 - استنتج من البيان ثابت التوازن المدروس.

الحل

1 - معادلة تفاعل HA مع الماء:

$\text{HA}_{(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} = \text{A}^-_{(aq)} + \text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$

2 - علاقة ثابت التوازن: $K = \frac{[A^-] [H_3O^+]}{[HA]}$

3 - حساب التركيز المولي النهائي للأفراد الكيميائية لكل جملة:

الأفراد الكيميائية المتواجد في كل جملة هي:

$\text{HA}, \text{H}_2\text{O}, \text{A}^-, \text{H}_3\text{O}^+, \text{HO}^-$

جدول التقدم

	$\text{HA}_{(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} = \text{A}^-_{(aq)} + \text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$			
ح	n_A	ب	0	0
أ	$n_A - x$	ب	x	x
ح	$n_A - x_{eq}$	ب	x_{eq}	x_{eq}

$[H_3O^+]_{eq} = x_{eq} V_0 = 10^{-\text{pH}} = 10^{-2,61} = 2,45 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$

من قانون انحفاظ الشحنة:

$[H_3O^+]_{eq} = [HO^-]_{eq} + [A^-]_{eq}$ لكن

$[H_3O^+]_{eq} > [HO^-]_{eq}$ ومنه:

$[H_3O^+]_{eq} = [A^-]_{eq} = 2,45 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$

من قانون انحفاظ المادة:

$[HA]_{eq} = [HA] + [A^-]$ ومنه:

$[HA]_{eq} = [HA] + [A^-] = 10^{-1} - 2,45 \cdot 10^{-3}$

$K = \frac{[A^-] [H_3O^+]}{[HA]} = \frac{2,45 \cdot 10^{-3} \cdot 2,45 \cdot 10^{-3}}{10^{-1} - 2,45 \cdot 10^{-3}} = 6,1 \cdot 10^{-2}$

$K = \tan \alpha = \frac{\Delta [H_3O^+]}{\Delta r} = \frac{4 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3}}{6,5 \cdot 5} = 6,1 \cdot 10^{-2}$

$K = 6,1 \cdot 10^{-2}$

$K = 6,1 \cdot 10^{-2}$

$K = 6,1 \cdot 10^{-2}$

$K = 6,1 \cdot 10^{-2}$

$K = 6,1 \cdot 10^{-2}$

$K = 6,1 \cdot 10^{-2}$

لها نفس التركيز $C = 1.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$.
فالمقارنة بين الحمضين HA_1 ، HA_2 نرى:
إذا كان: $pH_1 < pH_2$ فإن $\tau_1 > \tau_2$
والحمض HA_1 أقوى من الحمض HA_2 ،
 $pH_1 < pH_2 \rightarrow K_A > K_A \rightarrow pK_A < pK_A$
2.3 - المقارنة بين سلوك الأيون:
يؤثر الأساس B على الماء وفق التفاعل:

الحمض	كلور الماء	ميثانويك	إيثانويك
pH	2.0	2.90	3.40
τ	1.0	0.13	0.04
K_A	2.6×10^{-7}	1.8×10^{-4}	1.8×10^{-5}
pK_A	-6.3	3.75	4.75

القوة المترتبة للحمض

الماء مذيب ومتفاعل بزيادة الأساس B مقابل محد، فنتيجة التقدم النهائي لهذا التفاعل:

$$\tau = \frac{x_{eq}}{x_{total}} = \frac{[HO^-]_{eq}}{[HO^-]_{eq} + V} = \frac{[HO^-]_{eq}}{K_A} = \frac{K_A}{10^{-pH} C_B} = \frac{K_A}{C_B} \cdot 10^{pH - pK_A}$$

أساس	شاردة إيثانوات	ميثيل أمون	CH_3NH_2	HO^-
pH	8.4	10.6	11.4	12
τ	$2.5 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-2}$	$2.5 \cdot 10^{-1}$	1
K_A	$1.8 \cdot 10^{-6}$	$6.3 \cdot 10^{-10}$	$2 \cdot 10^{-11}$	10^{-14}
pK_A	4.76	9.2	10.7	14

القوة المترتبة للأحماض

تبين هذه العلاقة أنه كلما كان pH كبيراً كان τ كبيراً، والجداول التالية تبين القيم المميزة للأساس التي لها نفس التركيز $C = 1.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ فالمقارنة بين الأساسين B_1 و B_2 نرى: إذا كان $pK_A < pK_A$

فإن $\tau_1 < \tau_2$ وبالتالي B_2 أقوى من B_1 من أجل تركيز متساوية يكون الأساس قوياً كلما كان pH المحلول كبيراً وكان ثابت الحموضة K_A ضعيفاً وبالتالي pK_A كبيراً.

4- مجال التقلب:

في جملة كيميائية نقول أن النوع A متغلب بالنسبة للنوع B إذا كان: $[A] > [B]$

ففي العلاقة المميزة للتقايض حمض - أساس:

$$pH = pK_A + \log \frac{[A^-]}{[HA]}$$

* إذا كان $pH = pK_A$ فإن $\log \frac{[A^-]}{[HA]} = 0$ ومنه $\frac{[A^-]}{[HA]} = 1$ ويكون $[A^-] = [HA]$ فنتركز

الحمض يساوي تركيز أساسه المرافق.

$$* \text{ إذا كان } pH > pK_A \text{ فإن } \log \frac{[A^-]}{[HA]} > 0 \text{ ومنه } \frac{[A^-]}{[HA]} > 1 \text{ أي } [A^-] > [HA]$$

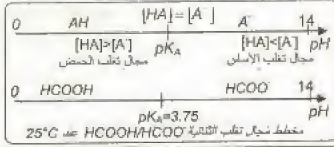
فالأساس متغلب على حمضه المرافق.

$$* \text{ إذا كان } pH < pK_A \text{ فإن } \log \frac{[A^-]}{[HA]} < 0 \text{ ومنه } \frac{[A^-]}{[HA]} < 1 \text{ أي } [A^-] < [HA]$$

فالحمض متغلب على أساسه المرافق.

1.4 - مخطط مجال التقلب:

يمثل مناطق الـ pH حيث يكون نوعا التقايض حمض-أساس متغلبان.



تطور جملة كيميائية نحو حالة التوازن

حالة التوازن: $H_2O_{(l)} + H_2O_{(l)} = H_3O^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$

ثابت الحموضة K_A هو ثابت التوازن المرفق بمعادلة تفاعل الحمض $H_2O_{(aq)}^+$ مع الماء:

$$K_A = \frac{[H_3O^+]}{[H_2O_{(l)}]} \rightarrow K_A = 1 \rightarrow pK_A = 0$$

* حالة التقايض: $H_2O_{(l)} + H_2O_{(l)} = H_3O^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$

ثابت الحموضة للتقايض K_A هو ثابت التوازن المرفق بمعادلة تفاعل الحمض $H_2O_{(aq)}^+$ مع الماء:

$$K_A = \frac{[H_3O^+][OH^-]}{[H_2O_{(l)}]} = K_w$$

$$K_A = 10^{-14} \rightarrow pK_A = 14.0 \text{ at } 25^\circ C$$

2 - ثابت توازن تفاعل حمض-أساس:

لكن الجملة الكيميائية المبينة والتي هي مقر لتفاعل حمض-أساس بين الحمض HA_1 للتقايض HA_1/A_1 ثابت حموضتها K_A والأساس A_2 للتقايض HA_2/A_2 ثابت حموضتها K_A ، تكتب معادلة تفاعلها بالشكل:

$$HA_{1(aq)} + A_{2(aq)} = A_{1(aq)} + HA_{2(aq)}$$

$$K = \frac{[A_1]_{eq}[HA_2]_{eq}}{[HA_1]_{eq}[A_2]_{eq}}$$

$$K = \frac{[A_1]_{eq}[H_3O^+]_{eq}[HA_2]_{eq}}{[HA_1]_{eq}[A_2]_{eq}[H_3O^+]_{eq}}$$

نتعرف في هذه العبارة على ثابت الحموضة K_A للتقايض HA_1/A_1 المرتبطة بتفاعل الحمض HA_1 مع الماء:

$$K_A = \frac{[A_1]_{eq}[H_3O^+]_{eq}}{[HA_1]_{eq}}, HA_{1(aq)} + H_2O_{(l)} = A_{1(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

ومعك عبارة ثابت الحموضة K_A للتقايض HA_2/A_2 المرتبطة بتفاعل الحمض HA_2 مع الماء:

$$K = \frac{K_{A_1}}{K_{A_2}} = \frac{[A_1]_{eq}[H_3O^+]_{eq}}{[HA_1]_{eq}} \cdot \frac{[HA_2]_{eq}}{[A_2]_{eq}[H_3O^+]_{eq}}, HA_{1(aq)} + H_2O_{(l)} = A_{1(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

وبشكل عام فإن ثابت التوازن K المرفق بمعادلة التفاعل

$$K = \frac{[base_1][acide_2]}{[acide_1][base_2]} = \frac{K_{A_1}}{K_{A_2}} = 10^{pK_{A_2} - pK_{A_1}}$$

3 - قوة الحمض و الأساس:

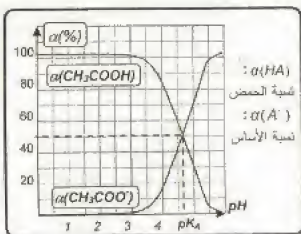
يكون الحمض أو الأساس أكثر قوة كلما كانت نسبة التقدم النهائي τ لتفاعله مع الماء كبيرة.

3.1 - المقارنة بين سلوك الحمض HA مع الماء وفق المعادلة:

$$HA_{(aq)} + H_2O_{(l)} = A_{1(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

$$\tau = \frac{x_{eq}}{x_{total}} = \frac{[H_3O^+]_{eq}}{C} = 10^{-pH}$$

تبين هذه العلاقة أنه كلما كان pH ضعيفاً كان τ كبيراً وتسمى كل شاردة حمض - أساس ثابت حموضة K_A أو pK_A ، والجداول التالية تبين القيم المميزة للأحماض التي

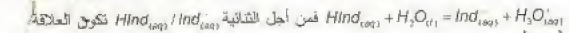


$$\alpha(HA) = \frac{[HA]_{eq}}{C} \quad \alpha(A^-) = \frac{[A^-]_{eq}}{[HA]_{eq} + [A^-]_{eq}}$$

3. 4 - الكواشف المئوية:

الكاشف الملون هو نوع كيميائي حمض أو أساس يتكون من الشاتية حمض-أساس والتي يرمز
لتشكيلها المترافقين Ind وللذين لوانهما في المحلول المائي مختلفان.

يتميز الكاشف الملون المكون من الشاتية Ind / Ind^- بذات حموضته K_A الموافق للمعادلة:



تكون العلاقة:
 $pH = pK_A + \log \frac{[Ind^-]}{[HInd]}$ فلون الكاشف يتوقف على النوع الغالب وبالتالي على pH المحلول.

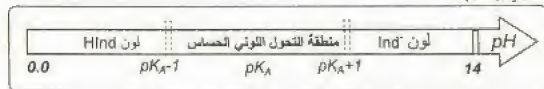
- نعمل أن الكاشف يأخذ لون الشكل الحمضي نه $HInd$ إذا كان $\frac{[HInd]}{[Ind^-]} > 10$ أي

$$\log \frac{[Ind^-]}{[HInd]} < -1 \quad \text{وبالتالي} \quad \frac{[Ind^-]}{[HInd]} < \frac{1}{10} \quad \text{ومنه} \quad pH < pK_A - 1$$

- نعمل أن الكاشف يأخذ لون الشكل الأساسي له Ind^-

$$\frac{[Ind^-]}{[HInd]} > 10 \quad \text{أي} \quad \log \frac{[Ind^-]}{[HInd]} > 1 \quad \text{ومنه} \quad pH > pK_A + 1$$

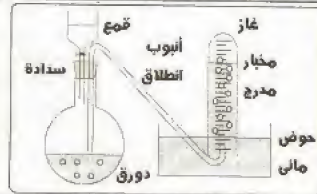
- تدعى منطقة الـ pH المحصورة بين $pK_A - 1$ و $pK_A + 1$ والتي يأخذ فيها الكاشف لونه
الحساس الناتج من تراكب لوني التشكيل الحمضي والأساسي له بمنطقة التحول اللوني للكاشف.
- تتواجد منطقة التحول اللوني للكاشف في منطقة الـ pH المؤطرة لـ pK_A للكاشف
(التي تحتوي pK_A).



pK_A	لون الشكل الأساسي	منطقة التحول	لون الشكل الحمضي	الكاشف
3.7	أحمر	3.1-4.4	أصفر برتقالي	هليانتين
4.7	أزرق	3.8-5.4	أصفر	أخضر بروموكريزول
7	أزرق	6-8	أصفر	أزرق بروموتيمول
9.4	وردي	8-10	عديم اللون	فثالين
5.2	أصفر	4.2-6.2	أحمر	أحمر الميثيل
6.1	أحمر	5.2-6.2	أصفر	أحمر كلوروفينول

الناقلة الأولية الشاذية

الشواذ السالبة	الشواذ الموجبة
$\lambda (mSm^2mol^{-1})$	$\lambda (mSm^2mol^{-1})$
HO^-	35.0
Li^+	3.86
F^-	5.01
Cl^-	7.35
Br^-	7.34
I^-	5.87
NO_3^-	6.19
MnO_4^-	11.90
HCO_2^-	12.74
$CH_3CO_2^-$	10.58
CO_3^{2-}	10.70
SO_4^{2-}	14.20
PO_4^{3-}	18.90
IO_3^-	20.40
CN^-	



التجهيز المستعمل
في تحضير غاز

pK_A	K_A	اسم الأيونات الكيميائية للأناتية حمض - أساس	الأناتية حمض - أساس
0.7	2.0×10^{-1}	حمض ثلاثي كلور الإيثانويك - شاردة ثلاثي كلور الإيثانويك	CCl_3COOH / CCl_3COO^-
1.25	5.0×10^{-2}	حمض الكلوريك - شاردة الكلوريك	$HClO_4 / ClO_4^-$
1.3	5.0×10^{-2}	حمض ثلاثي كلور الإيثانويك - شاردة ثلاثي كلور الإيثانويك	$CHCl_3COOH / CHCl_3COO^-$
1.8	1.6×10^{-2}	حمض الكبريتي - شاردة الكبريتات الهيدروجينية	H_2SO_4 / HSO_4^-
1.9	1.3×10^{-2}	شاردة الكبريتات الهيدروجينية - شاردة الكبريتات	HSO_4^- / SO_4^{2-}
2.1	7.9×10^{-3}	حمض الفوسفور - شاردة الفوسفات ثنائي الهيدروجين	$H_3PO_4 / H_2PO_4^-$
2.9	1.3×10^{-3}	حمض لاعادي كلور الإيثانويك - شاردة لاعادي كلور الإيثانويك	$CH_2ClCOOH / CH_2ClCOO^-$
3.2	0.68×10^{-3}	حمض ثنائي كلور الهيدروجين - شاردة ثنائي كلور	HF / F^-
3.75	1.8×10^{-4}	حمض البيكربونيك - شاردة البيكربونات	$HCOOH / HCOO^-$
4.2	2.0×10^{-4}	حمض البيكربونيك - شاردة البيكربونات	CaH_2COOH / CaH_2COO^-
4.3	5.0×10^{-5}	شاردة الكلوريت الهيدروجينية - شاردة الكلوريت	$HClO_2 / ClO_2^-$
4.6	2.5×10^{-5}	شاردة الأمين - الأمين	$C_6H_5NH_3^+ / C_6H_5NH_2$
4.75	1.8×10^{-5}	حمض الكلوريك - شاردة الكلوريت	CH_3COOH / CH_3COO^-
6.4	4.0×10^{-7}	حمض الكربون - شاردة الكربونات الهيدروجينية	H_2CO_3 / HCO_3^-
7	1.0×10^{-7}	حمض كبريت الهيدروجين - شاردة كبريتات الهيدروجينية	H_2S / HS^-
7.2	6.3×10^{-8}	شاردة الكبريتات الهيدروجينية - شاردة الكبريتات	HSO_3^- / SO_3^{2-}
7.5	3.2×10^{-8}	حمض نيتروكلوري - شاردة نيتروكلوري	$HClO / ClO^-$
9.2	7.9×10^{-10}	حمض البوريك - شاردة البورات	HBO_2 / BO_2^-
9.3	5×10^{-10}	شاردة الأمونيوم - أمونيوم	NH_4^+ / NH_3
9.3	5×10^{-10}	حمض سيانيد الهيدروجين - شاردة سيانيد	HCN / CN^-
9.8	1.5×10^{-10}	ثنائي مثيل سلفات نيتروكلوري - شاردة ثنائي مثيل سلفات نيتروكلوري	$(CH_3)_2NH^+ / (CH_3)_2N$
9.9	1.3×10^{-10}	فينول - شاردة الفينولات	$C_6H_5OH / C_6H_5O^-$
10.5	3.2×10^{-11}	إثيل إيثان سلفات نيتروكلوري - شاردة إثيل إيثان سلفات نيتروكلوري	$(C_2H_5)_2NH_2^+ / (C_2H_5)_2NH$
10.6	2.7×10^{-11}	شاردة أمونيوم - مثيل أمين	$CH_3 - NH_3^+ / CH_3 - NH_2$
10.7	1.9×10^{-11}	مثيل إيثان سلفات نيتروكلوري - شاردة مثيل إيثان سلفات نيتروكلوري	$(CH_3)_2NH_2^+ / (CH_3)_2NH$
10.8	1.6×10^{-11}	شاردة إثيل إيثان سلفات نيتروكلوري - إيثان أمين	$C_2H_5 - NH_3^+ / C_2H_5 - NH_2$
11	0.98×10^{-11}	ثنائي إثيل إيثان سلفات نيتروكلوري - شاردة ثنائي إثيل إيثان سلفات نيتروكلوري	$(C_2H_5)_2NH_2^+ / (C_2H_5)_2NH$
12.3	2×10^{-12}	شاردة الفوسفات لاعادي - شاردة الفوسفات	HPO_4^{2-} / PO_4^{3-}
12.3	1×10^{-13}	شاردة الكبريتات الهيدروجينية - شاردة كبريت	HS^- / S^{2-}

- 1- أكتب معادلة التفاعل الشاردي للماء.
 2- ما هي العلاقة الموجودة عند التوازن بين الشوارد المتواجدة في الماء النقي والشارب K_e ؟
 3- احسب pH الماء النقي عند $C = 5.90 \times 10^{-15}$ ، $K_e(80^\circ C) = 3.8 \times 10^{-13}$.
 4- ما تأثير درجة الحرارة على تفاعل التشارد الذاتي للماء؟

الحل
 (1) معادلة تفاعل التشارد الذاتي للماء: $H_2O_{(l)} + H_2O_{(l)} = HO_{(aq)} + H_3O_{(aq)}^+$
 (2) العلاقة بين الشوارد وبين K_e عند التوازن: $K_e = [H_3O^+]_{eq} [HO^-]_{eq}$
 (3) $K_e = 1.7 \times 10^{-15} \rightarrow [H_3O^+]^2 = 1.7 \times 10^{-15} \rightarrow [H_3O^+] = 4.1 \times 10^{-8} \text{ mol/L}$
 $\rightarrow pH = -\log [H_3O^+]_{eq} = 7 - \log 4.1 = 6.4$
 $K_e = 3.8 \times 10^{-13} \rightarrow [H_3O^+] = \sqrt{3.8 \times 10^{-13}} = 6.16 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$
 $\rightarrow pH = -\log 6.16 \times 10^{-7} = 6.2$

- (4) إن ارتفاع درجة الحرارة يؤدي إلى زيادة تركيز شوارد الأكسونيوم وبالتالي تفصل قيمة pH .

تمرين 2:

- يحتوي ماء البحر على كثير من الأيونات
 1. احسب تركيز شوارد الأكسونيوم.
 2. أكتب معادلة تفاعل التشارد الذاتي للماء واعط عبارة الجداء التشاردي للماء عند التوازن في $25^\circ C$.
 3. هل ماء البحر حمضي، معتدل أو أساسي؟
 4. استنتج تركيز شوارد الهيدروكسيد عند التوازن.

الحل:
 (1) ماء البحر أساسي لأن $pH > 7$.
 (2) $[H_3O^+]_{eq} = 10^{-14} = 10^{-14} = 5.0 \times 10^{-8} \text{ mol/L}$
 (3) $K_e = [H_3O^+]_{eq} [HO^-]_{eq}$ ، $H_2O_{(l)} + H_2O_{(l)} = HO_{(aq)} + H_3O_{(aq)}^+$
 (4) $[HO^-] = \frac{K_e}{[H_3O^+]} = \frac{10^{-14}}{5.0 \times 10^{-8}} = 2.0 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$

تمرين 3:

- تتعرض محلولاً للهيدروكسيد الصوديوم بإذابة
 1. ما صيغة المحلول الناتج؟
 2. احسب التركيز المولي لشوارد الهيدروكسيد
 3. احسب pH المحلول عند $25^\circ C$.

الحل:
 (1) $NaOH_{(s)} \xrightarrow{\text{إذابة}} Na^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)}$
 (2) $C = \frac{n}{V} = \frac{m}{MV} = \frac{1}{40.1} = 2.5 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ ، $[Na] = [HO^-] = [NaOH] = C$
 (3) لدينا: $K_e = [H_3O^+]_{eq} [HO^-]_{eq} \rightarrow [H_3O^+] = \frac{K_e}{[HO^-]}$

(2) حساب pH المحلول: لدينا $pH = pK_A + \log \frac{[A^-]}{[CH_3COOH]_{eq}}$ ومنه $pH = pK_A + \log \frac{[CH_3COO^-]_{eq}}{[CH_3COOH]_{eq}}$

من معادلة التفاعل تركيز كل من الحمض وأساسه المرافق لا يتغيران عند التوازن
ومنه $pH = 4.75 + \log \frac{1 \times 10^{-4}}{2 \times 10^{-4}} = 4.4$

تمرين 6:

تعملي معادلتين تفاعل حمض - أساس التاليتين:
1. $HNO_{2(aq)} + NH_{3(l)} = NH_4^+_{(aq)} + NO_{2(aq)}$
 $NH_4^+_{(aq)} + NO_{2(aq)} = NH_{3(aq)} + HNO_{2(aq)}$
2. أعط عيارتي ثابتي التوازن K_1, K_2 بدلالة لتركيز
الحل:

(1) عيارتي ثابتي الحموضة K_A, K_A :
 $K_A = \frac{[NH_4^+]_{eq} [H_2O]_{eq}}{[NH_3]_{eq} [H_3O^+]_{eq}}$, $K_A = \frac{[NO_2]_{eq} [H_3O^+]_{eq}}{[HNO_2]_{eq}}$

(2) عيارتي K_1, K_2 :
 $K_2 = \frac{[NH_3]_{eq} [HNO_2]_{eq}}{[NH_4^+]_{eq} [NO_2]_{eq}}$, $K_1 = \frac{[NO_2]_{eq} [NH_4^+]_{eq}}{[HNO_2]_{eq} [NH_3]_{eq}}$

(3) عيارتي ثابتي التوازن بدلالة K_A, K_A :
 $K_1 = \frac{[NO_2]_{eq} [NH_4^+]_{eq}}{[HNO_2]_{eq} [NH_3]_{eq}} \times \frac{[H_3O^+]_{eq}}{[H_3O^+]_{eq}}$ ومنه:

$pK_A = 9.20 \rightarrow K_A = 10^{-9.20} = 10^{-9.20} = 6.3 \times 10^{-10}$ $K_1 = K_A / K_A$

ومنه: $K_2 = \frac{K_A}{K_A} = 1.12 \times 10^{-6}$, $K_1 = \frac{5.6 \times 10^{-4}}{6.3 \times 10^{-10}} = 8.87 \times 10^5$

تمرين 7:

نعتبر الأحماض التالية: $C_6H_5CO_2H, HCO_2H, HSO_3^-, CH_3CO_2H, NH_4^+, HCl$

1- حدد التناظرات حمض-أساس الموافقة لها مع تسميتها.

2- أبحث عن pK_A هذه التناظرات في جدول الـ pK_A, K_A عند $25^\circ C$.

3- رتب من أجل نفس التركيز ترتيباً متزايداً نسبة التقدم النهائي لتفاعلها مع الماء.

الحل:

1. (2) التناظرات حمض-أساس: الجدول

(3) $NH_4^+ < HSO_3^- < C_6H_5CO_2H < HCO_2H < HCl$

تزداد نسبة التقدم النهائي كلما

قل الـ pK_A (زيادة K_A)

تمرين 8:

لدينا ثلاثة محاليل مائية: (1)، (2)، (3) لها نفس التركيز، حمض البنزويك $C_6H_5CO_2H_{(aq)}$ ، حمض

تمرين 4:

أعطى قياس pH محلول حمض الأيتانويك تركيزه $C = 1.0 \times 10^{-2} mol.L^{-1}$ القيمة 3.4.

1- أكتب معادلة تفاعل حمض إيثانويك مع الماء.

2- استنتج عبارة ثابت الحموضة للتناظرة: $CH_3COOH_{(aq)} / CH_3COO^-_{(aq)}$

3- (a) أحسب تراكيز الشوارد: الأكسونيوم، الهيدروكسيد، الأيتانات. فذكر بأن المحلول متعادل كهربائياً وأن مجموع تراكيز الشوارد الموجبة يساوي مجموع تراكيز الشوارد السالبة.

b. أحسب تركيز حمض الأيتانويك CH_3COOH ، نذكر أن مبدأ الحفاظ الأنواع يسمح بكتابة العلاقة

$C = CH_3COOH + CH_3COO^-$ (متفكك)

4- أحسب K_A و pK_A للتناظرة $CH_3COOH_{(aq)} / CH_3COO^-_{(aq)}$

الحل:

(1) كتابة المعادلة: $CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(aq)} = CH_3COO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$

(2) كتابة عبارة ثابت الحموضة: $K_A = \frac{[CH_3COO^-]_{eq} [H_3O^+]_{eq}}{[CH_3COOH]_{eq}}$

(3) حساب تراكيز الشوارد: $CH_3COO^-_{(aq)}, HO^-_{(aq)}, H_3O^+_{(aq)}$

لدينا: $pH = 3.4 \rightarrow [H_3O^+]_{eq} = 10^{-3.4} = 10^{-3.4} = 3.98 \times 10^{-4} mol.L^{-1}$

$[HO^-]_{eq} = \frac{K_w}{[H_3O^+]_{eq}} = \frac{10^{-14}}{3.98 \times 10^{-4}} = 2.5 \times 10^{-11} mol.L^{-1}$

مبدأ الحفاظ الشحنة:

$[H_3O^+]_{eq} = [HO^-]_{eq} + [CH_3COO^-]_{eq} \rightarrow$

$[CH_3COO^-]_{eq} = [H_3O^+]_{eq} - [HO^-]_{eq} = 3.98 \times 10^{-4} - 2.5 \times 10^{-11} \approx 3.98 \times 10^{-4} mol.L^{-1}$

شوارد الهيدروكسيد تهمل لأن $[HO^-] \ll [H_3O^+]$

b. حساب $[CH_3COO^-]_{eq}$:

من مبدأ الحفاظ الأنواع: $C = [CH_3COOH]_{eq} + [CH_3COO^-]_{eq} \rightarrow$

$[CH_3COOH]_{eq} = C - [CH_3COO^-]_{eq} = 1.0 \times 10^{-2} - 3.98 \times 10^{-4} = 0.96 \times 10^{-2} mol.L^{-1}$

(4) حساب ثابت الحموضة: $K_A = \frac{[H_3O^+]_{eq} [CH_3COO^-]_{eq}}{[CH_3COOH]_{eq}} = \frac{(3.98 \times 10^{-4})^2}{0.96 \times 10^{-2}} = 1.6 \times 10^{-5}$

$pK_A = -\log K_A = 4.78$

تمرين 5:

ندخل في حوض سعتها 50 mL، $2.0 \times 10^{-4} mol$ من حمض الأيتانويك و $1.0 \times 10^{-4} mol$ من محلول إيثانوات الصوديوم، ثم أكمنا الحجم حتى خط العيار بالماء المقطر ثم نجاس المحلول

فيكون pK_A التناظرة $CH_3COOH_{(aq)} / CH_3COO^-_{(aq)}$ مساوياً لـ 4.75.

1- أكتب المعادلة الكيميائية الممكنة بين الأنواع التي وضعت في الحوض.

2- أحسب pH المحلول.

الحل:

الأسبرين حمض كبروكسيبنويك يتشكل
محدود على الماء والذي يذرم له
1- أعط عبارة ثابت الحمض لثنائية الأسبرين.
2- احسب التقدم عند التوازن.
3- استنتج تراكيز الأنواع المتواجدة عند التوازن.
4- احسب K_A و pK_A لثنائية الأسبرين.

الحل:

(1) عبارة ثابت الحموضة: لدينا: $RCOOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} = RCOO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$

$$K_A = \frac{[RCOO^-]_{(aq)} [H_3O^+]_{(aq)}}{[RCOOH]_{(aq)}}$$

(2) حساب التقدم عند التوازن:

$$x_{eq} = [H_3O^+]_{(aq)} = V = 10^{-4} \text{ mol/L} = 2.5 \times 10^{-5} \text{ mol/L} = 3.76 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$$

(3) تراكيز الأنواع المتواجدة في المحلول عند التوازن:

$$[HO]_{(aq)} = \frac{K_A}{[H_3O^+]_{(aq)}} = \frac{10^{-14}}{2.5 \times 10^{-5}} = 4 \times 10^{-10} \text{ mol/L}$$

$[HO]_{(aq)} = 3.98 \times 10^{-10} \text{ mol/L}$ عند التوازن يكون:

$$[H_2O]_{(aq)} = [RCOO^-]_{(aq)} = 2.5 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$$

من معادلة انحفاظ الشحنة: $[RCOO^-]_{(aq)} + [RCOOH]_{(aq)} = C$ ومنه

$$[RCOOH]_{(aq)} = C - [RCOO^-]_{(aq)} = 1.9 \times 10^{-2} - 2.5 \times 10^{-5} = 1.65 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$$

$$K_A = \frac{[RCOO^-]_{(aq)} [H_3O^+]_{(aq)}}{[RCOOH]_{(aq)}} = \frac{(2.5 \times 10^{-5})^2}{1.65 \times 10^{-2}} = 3.78 \times 10^{-4} : pK_A = 3.42$$

$$pK_A = -\log K_A = 3.42$$

تمرين 12:

يسهل لحمض اللين ثيو الصيغة: $CH_3 - CHOH - COOH$ أن يتشكل بفعل تخمر اللاكتوز الموجود في الحليب.

1. اكتب عبارة ثنائية حمض لاسن لحمض اللين.

2. اكتب المعادلة الكيميائية لتفاعل هذا الحمض مع الماء واكتب عبارة ثابت الحموضة، يرمز للحمض HA .

3. قياس pH الحليب عند الدرجة $37^\circ C$ أعطى القيمة 6.7، ماهو النوع الكيميائي الغالب في هذا الحليب؟

4. احسب نسبة التركيزين $\frac{[A^-]_{(aq)}}{[HA]_{(aq)}}$ في الحليب عند $37^\circ C$.

2- إن تشكل حمض اللين أثناء الإجهاد العضلي هو سبب التشنج بينما سببه المرافق دون فعالية، فمن أجل تفادي هذه التشنجات ينصح بشرب ماء "أساسي"، ومن أجل فهم هذا التأثير مزج مع حمض اللين شوارد الهيدروكسيد عند الدرجة $37^\circ C$.

3. اكتب معادلة التفاعل الحادث.

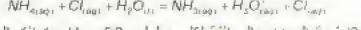
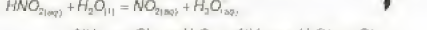
(a) اكتب معادلة التفاعل الحادث.

(b) اكتب معادلة التفاعل الحادث.

(c) اكتب معادلة التفاعل الحادث.

1- اكتب معادلات تفاعله مع الماء:
2- صافية pH من بين القيم التالية الموافقة لكل محلول؟
 $pH_C = 3.3, pH_B = 2.9, pH_A = 5.8$
المعطيات: $pK_A(NH_4^+/NH_3) = 9.2, pK_A(C_6H_5CO_2H/C_6H_5CO_2^-) = 4.2, pK_A(HNO_2/NO) = 3.3$
الحل:

(1) كتابة معادلة التفاعل مع الماء:



(2) قيمة pH الموافقة لكل محلول: $pH_A = 5.8$ توافق المحلول: $NH_{4(aq)} + Cl_{(aq)}$

$pH_B = 2.9$ توافق المحلول: $HNO_{2(aq)}$

$pH_C = 3.3$ توافق المحلول: $C_6H_5CO_2H_{(aq)}$

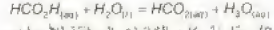
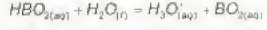
كلما كان pK_A الثنائية الموافقة كبيراً، كان الحمض ضعيفاً و pH كبيراً والعكس صحيح.

تمرين 9:

لدينا الأحماض المائية (1)، (2)، (3) التي لها نفس التركيز C لحمض كلور الماء، حمض اليوريك، وحمض الميتانويك. أعطى قياس pH هذه المحاليل: $pH_1 = 2.3, pH_2 = 5.7, pH_3 = 3.1$.
1- اكتب معادلة تفاعلها مع الماء.

الحل:

(1) معادلات تفاعل الأحماض مع الماء:
 $HCl_{(aq)} + H_2O_{(l)} = H_3O^+_{(aq)} + Cl_{(aq)}$



(2) بمقارنة pK_A الثنائيات الموافقة للأحماض

تمرين 10:

يحتوي الحليب على حمض اللين $CH_3 - CHOH - CO_2H$ الذي يرمز له HA وشوارد اللاكتات $CH_3 - CHOH - CO_2^-$ التي يرمز لها A^- وله $pH = 6.5$.

1- ارسم مخطط مجال التغلب الخاص بالثنائية شاردة اللاكتات/حمض اللين.

2- حدد من بين هذين النوعين النوع الغالب في هذا الحمض.

يعطى: $K_A = 1.3 \times 10^{-4}$ عند $25^\circ C$.

الحل:

(1) رسم مخطط مجال التغلب:

لدينا $pK_A = 3.9$ $\rightarrow K_A = 1.3 \times 10^{-4}$

من أجل $pH < 3.9$ فإن HA هو الغالب، ومن أجل $pH = 6.5$ فإن A^- هو الغالب

0	HA	[HA]=[A]	A	14
		$pK_A=3.9$		
		مجال تغلب الحمض		

تطور حمض كيميائية نحو حالة التوازن

$$K_A = \frac{[A^-]_{eq}}{[HA]_{eq}[HO^-]_{eq}} = \frac{(2,51 \times 10^{-3})^2}{4,75 \times 10^{-2}} = 1,33 \times 10^{-4} \quad \text{عند } 25^\circ \text{C} \quad \text{قيمة } K_A \text{ (b)}$$

تمرين 13:

الهليانتين كاشف ملون، الشكل الحمضي $HInd_{(aq)}$ لونه أحمر والشكل الأساسي $Ind_{(aq)}$ لونه أصفر.

1- أكتب المعادلة الكيميائية لتفاعل الهليانتين مع الماء، وأعط عبارة ثابت الحموضة للتثاقيل:

$HInd / Ind$ واحسب قيمته عند 25°C .

2- يكون لون محلول مائي يحتوي قطرات الهليانتين أحمرًا إذا كان $[HInd] > 10[Ind]$

وأصفرًا إذا كان $[Ind] > 10[HInd]$

(a) حدد منطقة التحول اللوني للهليانتين.

(b) ما المقصود باللون الحساس؟ ما هو اللون الحساس للهليانتين؟

(c) لماذا نضيف بعض قطرات فقط من الهليانتين للمحلول؟

3- نضيف بعض قطرات الهليانتين إلى محلول حمض كلور الماء تركيزه بشارد الأكسونيوم:

$[H_3O^+]_{eq} = 10^{-2} \text{ mol/L}$. ماذا يصبح لون الهليانتين؟ يعطى pK_A الثنائية ($HInd / Ind$)

مساويًا 3,8 عند 25°C .

الحل:

1 كتابة معادلة التفاعل وعبارة ثابت الحموضة: $HInd_{(aq)} + H_2O_{(l)} = Ind_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$

$$K_A = \frac{[Ind]_{eq}[H_3O^+]_{eq}}{[HInd]_{eq}}, \quad K_A = 10^{-pK_A} = 10^{-3,8} = 1,6 \times 10^{-4}$$

$$\text{2- (a) من العلاقة } \log \frac{[Ind]_{eq}}{[HInd]_{eq}} = pH - pK_A \quad \text{فإن } pH = pK_A + \log \frac{[Ind]_{eq}}{[HInd]_{eq}}$$

$$\text{إذا كان } \frac{[Ind]_{eq}}{[HInd]_{eq}} > 10 \text{ فإن } [HInd]_{eq} < 10[Ind]_{eq} \rightarrow \log \frac{[Ind]_{eq}}{[HInd]_{eq}} < \log 10 \rightarrow \log \frac{[Ind]_{eq}}{[HInd]_{eq}} < 1 \rightarrow \frac{[Ind]_{eq}}{[HInd]_{eq}} < 10$$

$$2,8 - 1 = 1,8 < pH < 3,8 - 1 \rightarrow pH < pK_A - 1 \rightarrow pH - pK_A < -1 \rightarrow \text{من أجل ذلك نلاحظ لونا أحمر.}$$

$$\text{إذا كان } \frac{[Ind]_{eq}}{[HInd]_{eq}} > 10 \text{ فإن } [Ind]_{eq} > 10[HInd]_{eq} \rightarrow \log \frac{[Ind]_{eq}}{[HInd]_{eq}} > \log 10 \rightarrow \log \frac{[Ind]_{eq}}{[HInd]_{eq}} > 1 \rightarrow pH - pK_A > 1 \rightarrow pH > pK_A + 1 \rightarrow pH > 3,8 + 1 = 4,8$$

فالمحلول يأخذ لونا أصفرًا. من أجل ذلك تكون منطقة التحول اللوني محصورة بين 4,8 - 2,8.

(b) نشاهد لونا حساسًا عندما يتواجد الشكلان الحمضي والأساسي وهذا ناتج عن تراكيب الألوان: أصفر + أحمر = برتقالي.

(c) بما أن الكاشف الملون: الهليانتين له خصائص حمضية-أساسية فإن إضافة كمية كبيرة منه تؤدي إلى تغيير pH المحلول.

3- محلول الحمض له $pH = 2$ وبما أن $pH < 2,8$ فالمحلول يأخذ لونا أحمرًا.

تمرين 14:

ثلاث محاليل مائية لها نفس التركيز $C = 0,1 \text{ mol/L}$.

a) محلول كلور الصوديوم: $NaCl$.

b) محلول كلور إيثيل أمونيوم: $C_2H_5NH_3Cl$.

(b) احسب ثابت التوازن.

(c) علل استعمال المشروب الأساسي لتفادي التشنجات الرجعة لحمض اللبن.

3- نحضر حجمًا $V_A = 100 \text{ mL}$ من محلول حمض اللبن تركيزه $C_A = 5,00 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ له

$pH = 2,6$ عند 25°C .

(a) احسب تركيز الأنواع المتواجدة في المحلول.

(b) استنتج قيمة pK_A للتثاقيل HA/A^- عند 25°C .

pK_A حمض اللبن عند 37°C يساوي 3,90، $K_a = 2,40 \times 10^{-4}$ عند 37°C .

الحل:

1- (a) التثاقيل حمض - أساس لحمض اللبن: $CH_3CHOHCOOH / CH_3CHOHCOO^-$

(b) معادلة تفاعل الحمض HA مع الماء: $HA_{(aq)} + H_2O_{(l)} = A^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$

$$K_A = \frac{[A^-]_{eq}[H_3O^+]_{eq}}{[HA]_{eq}}$$

(c) النوع الغالب: لدينا: $pH = 2,6$, $pK_A = 3,90$ عند الدرجة 37°C ، وبما أن $pH > pK_A$ فإن

النوع الغالب هو A^- .

$$(d) \text{ حساب النسبة } \frac{[A^-]_{eq}}{[HA]_{eq}} \text{ : لدينا } pH = pK_A + \log \frac{[A^-]_{eq}}{[HA]_{eq}} \text{ ومنه } \log \frac{[A^-]_{eq}}{[HA]_{eq}} = pH - pK_A = 2,6 - 3,90 = -1,3$$

$$\frac{[A^-]_{eq}}{[HA]_{eq}} = 10^{\log \frac{[A^-]_{eq}}{[HA]_{eq}}} = 10^{-1,3} = 0,0501 \quad \text{ومنه: } \log \frac{[A^-]_{eq}}{[HA]_{eq}} = -1,3 \rightarrow \frac{[A^-]_{eq}}{[HA]_{eq}} = 0,0501$$

2- (a) كتابة معادلة التفاعل بين $HO_{(aq)}$ و $HA_{(aq)}$: $HA_{(aq)} + HO_{(aq)} = A^-_{(aq)} + H_2O_{(l)}$

$$(b) \text{ حساب ثابت التوازن } K: \text{ لدينا } K = \frac{[A^-]_{eq}}{[HA]_{eq}[HO^-]_{eq}} \text{ بضرب } K \text{ في } [H_3O^+]_{eq} \text{ نجد}$$

$$K = \frac{[A^-]_{eq}[H_3O^+]_{eq}}{[HA]_{eq}[HO^-]_{eq}} = \frac{K_A}{K_w}$$

يظهر في هذه العلاقة K_A والجداء التشاردي للماء $K_w = 5,25 \times 10^{-14}$ عند 25°C .

(c) إن إضافة HO^- إلى الحمض HA تحوله إلى A^- (شاردة اللكاتات) مما يقلل من التشنجات لتفادى تركيز الحمض.

3- (a) حساب تراكيز الأفراد المتواجدة في المحلول: لدينا:

$$[H_3O^+]_{eq} = 10^{-pH} = 10^{-2,6} = 2,5 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

$$\text{فإن } [H_3O^+]_{eq} = [A^-]_{eq} = 2,5 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

$$[HO^-]_{eq} = K_w / [H_3O^+]_{eq} = 2,4 \times 10^{-14} / 2,5 \times 10^{-3} = 10^{-11} \text{ mol/L}$$

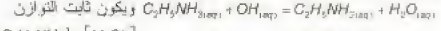
$$\text{ولدينا } n_1(HA) = \frac{n_1(HA) - x_{eq}}{V_A} \text{ حيث } [HA]_{eq} = \frac{n_1(HA) - x_{eq}}{V_A} \text{ ومنه:}$$

$$[HA]_{eq} = \frac{C_A V_A - 10^{-pH} V_A}{V_A} = C_A - 10^{-pH} = 5,00 \times 10^{-2} - 2,51 \times 10^{-3} = 4,75 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$$

الجاء: التشاردي للماء فإن: $\frac{K_w}{[H_3O^+]_{eq}} = \frac{10^{-14}}{5.0 \times 10^{-2}} = 2.0 \times 10^{-13} mol/L$ ومنه

$$pH = -\log[H_3O^+] = 12.7$$

6- (a) عند مزج C, B فإن التفاعل الممكن حدوثه هو:



$$K = \frac{[C_2H_5NH_2]_{eq} [H_3O^+]_{eq}}{[C_2H_5NH_3^+]_{eq} [OH^-]_{eq}} = \frac{K_A}{K_B} \times K = \frac{[C_2H_5NH_2]_{eq}}{[C_2H_5NH_3^+]_{eq} [OH^-]_{eq}} = 1585$$

$$K = \frac{K_A}{K_B} = \frac{10^{-10.8}}{10^{-14}} = 1585$$

(b) لدينا $pH = 11.7$ ومنه $[H_3O^+]_{eq} = 10^{-11.7} mol/L$ ومنه $[OH^-]_{eq} = 10^{-2.3} = 5.0 \times 10^{-3} mol/L$

$$\rightarrow [HO]_{eq} = \frac{K_w}{[H_3O^+]_{eq}} = \frac{10^{-14}}{10^{-11.7}} = 5.0 \times 10^{-3} mol/L$$

من جدول التقديم:

المعادلة	كميات المادة (mol)			
$C_2H_5NH_3^+_{(aq)} + OH_{(aq)} = C_2H_5NH_{2(aq)} + H_2O_{(l)}$	تقديم	تغير	يز	يقل
1	0	n	0	0
2	x	n-x	x	x
3	0	n-x _{eq}	x _{eq}	x _{eq}

$$[HO^-] = \frac{n_{HO}}{2V} = \frac{0.01 - x_{eq}}{2V}$$

$$= 5.0 \times 10^{-3} mol/L$$

$$\rightarrow x_{eq} = 9.10 \times 10^{-2} mol$$

$$r = \frac{x_{eq}}{x_{max}} = \frac{9.0 \times 10^{-3}}{1.0 \times 10^{-2}} = 9.0 \times 10^{-1} \text{ ويكون: } 0.010 - x_{max} = 0 \rightarrow x_{max} = 0.010 mol$$

تمرين 15

استعمل محلولاً للكاتائف الملون لأزرق البروموثيمول تركيزه المولي $C = 20 mmol/L$ ، لون الشكل الحمضي HInd أصفر والشكل الأساسي Ind أزرق بنفسجي.

سمحت دراسة تجريبية برسم مخطط التوزيع للشكلين الحمضي والأساسي بدلالة الـ pH.

1- حدد المنحني الموافق للشكل الحمضي والمنحني الموافق للشكل الأساسي.

2- حدد pK_A للتقنية HInd Ind المكونة لهذا الكاتيف الملون.

3- ما لون الكاتيف في محلول له $pH = 2$ ثم في محلول له $pH = 10$ ؟

4- حدد التركيزين المولتيين للحمض والأساس المرافقين لما $pH = 3.5$.

الحل:

(1) منحني الحمض يبدأ من قيمة عظمى ثم يتناقص (خط متواصل)، ومنحني الأساس يبدأ من الصفر ثم يتزايد (خط منقطع).

(2) تحديد pK_A : يتقاطع المنحنيان عند $pK_A = pH \rightarrow pK_A = 4.2$

C: محلول هيدروكسيد الصوديوم.

تم الحصول على هذه المحاليل بالتحليل كتل m_C, m_B, m_A لأنواع السابقة بالترتيب، حجم كل محلول هو $V = 100 mL$ المحاليل لها الـ $pH: 7.0, 5.9, 13.0$ لكل لجهل الـ pH الموافق لكل منها ؟ اكتب معادلات التفاعل الموقفة للمحاليل الثلاثة.

2 احسب الكتل m_C, m_B, m_A .

3 ماهو الـ pH الموافق لكل محلول مع التعليل ؟

4 اكتب معادلة تفاعل إيثيل أمونيوم $C_2H_5NH_3^+$ مع الماء، احسب نسبة التقدم النهائي للتفاعل (يمكن إيجاز جدول للتقدم).

5- نمزج المحلولين A, C فيعطي فيلس pH المزيج القيمة 12.7، بين أن الأمر يتعلق بالتمديد.

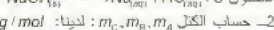
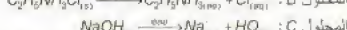
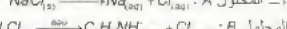
6- نمزج B والمحلول C فقياس pH أعطى القيمة 11.7.

(a) ماهو التفاعل الممكن حدوثه؟ أعط عبارة ثابت التوازن K واحسب قيمته.

(b) احسب نسبة التقدم النهائي لهذا التفاعل.

المعطيات: $pK_A(C_2H_5NH_3^+ / C_2H_5NH_2) = 10.8$ عند $C = 10^{-2} mol/L$

الحل:



2- حساب الكتل m_C, m_B, m_A لدينا: $M_A = 58.5 g/mol, M_B = 81.5 g/mol, M_C = 40 g/mol$

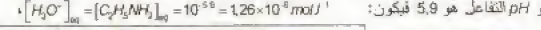
لدينا: $C = \frac{n}{V} = \frac{m}{MV} \rightarrow m = CMV, C_A = C_B = C_C = 0.1 mol/L$ ومنه:

$$m_B = CM_B V = 0.100 \times 81.5 \times 0.100 = 0.815 g, m_A = CM_A V = 0.100 \times 58.5 \times 0.100 = 0.585 g$$

$$m_C = CM_C V = 0.100 \times 40 \times 0.100 = 0.40 g$$

3- المحلول C يحتوي كمية كبيرة من شوارد الهيدروكسيد وبالتالي فـ pH المحلول هو 13.

المحلول A (Na + Cl) معتدل لأن Na غير قلعة (متفرجة) في المحلول وبالتالي pH المحلول هو 7. المحلول B له $pH = 5.9$ (حمض).



$$[H_3O^+]_{eq} = [C_2H_5NH_2]_{eq} = 10^{-5.9} = 1.26 \times 10^{-6} mol/L$$

لو كان التفاعل تاماً فإن

شاردة إيثيل أمونيوم متفاعل

سحد ومن جدول التقدم:

$$x_{eq} = [H_3O^+]_{eq} \times V$$

$$x_{eq} = 1.26 \times 10^{-7} mol/L$$

$$x_{eq} = 1.26 \times 10^{-7} \times 0.100 = 1.26 \times 10^{-8} mol$$

$$r = \frac{x_{eq}}{x_{max}} = \frac{1.26 \times 10^{-8}}{0.0100} = 0.00126$$

التعقلا	كميات المادة (mol)			
تقديم	تغير	يز	يقل	
1	0	n _i	0	0
2	x	n _i - x	x	x
3	x _{eq}	n _i - x _{eq}	x _{eq}	x _{eq}

$$0.0100 - x_{max} = 0 \rightarrow r = \frac{x_{eq}}{x_{max}} = \frac{1.26 \times 10^{-8}}{0.0100} = 0.00126$$

$$x_{max} = 0.010 mol$$

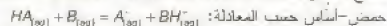
5- في المحلول C فإن $n_{H_2O} = CV = 0.100 \times 0.1 = 0.010 mol$ بعد المزج إن $V_f = 2V = 0.2 L$

ويكون تركيز شوارد HO في المزيج هو $[HO] = \frac{n_{HO}}{2V} = \frac{10^{-2}}{0.2} = 5.0 \times 10^{-2} mol/L$

5. المعايرة لـ pH - متريّة

6. 1 - المعايرات حمض-أساس:

تسمح المعايرة حمض-أساس بتحديد التركيز للحمض أو الأساس في محلول يتم فيه تفاعل



- إذا كان المتفاعل المُعايَرُ حمضاً فإن المحلول المُعايَرُ يحتوي أساساً.

- إذا كان المتفاعل المُعايَرُ أساساً فإن المحلول المُعايَرُ يحتوي حمضاً.

إن التحول المرفق يتفاعل المعايرة يجب أن يكون سريعاً وتاماً ومميزاً لأنواع المعاير.

- عند التكافؤ يصبح التفاعل تاماً وتكون كمياً ماديّ المتفاعل المُعايَرُ (n_0)

و المتفاعل المُعايَرُ (n_1) متساوية: $n_0 = n_1 = C_0V_0 = C_1V_1$ حيث V_1 حجم

المتفاعل المُعايَرُ المسكوب عند التكافؤ، ويسمى حجم التكافؤ.

5. 2 - المعايرة الـ pH - متريّة:

1. 2 - التجهيز التجريبي: يوضع المتفاعل المُعايَرُ في كأس بيترر والذي

يغمر فيه مسرى الـ pH - متر بعد ضبطه والمتفاعل المُعايَرُ في سحاحة

مدرجة (رسم تجهيز المعايرة).

2. 2 - مبدأ المعايرة الـ pH - متريّة: نتابع بواسطة الـ pH - متر تغيرات pH

المزيج الموجود في البيترر بدلالة الحجم V للمتفاعل المُعايَرُ المسكوب،

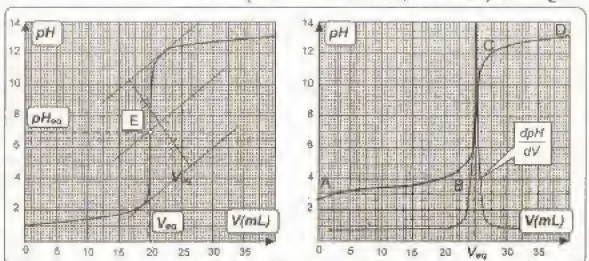
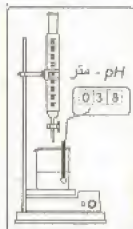
يتّرجم التكافؤ على منحنى المعايرة $pH = f(V)$ بتغير فجائي لـ pH المزيج،

ف عند معايرة حمض بـ أساس مثلاً نحصل على المنحنى التالي (الشكل) والمكون

من ثلاثة أجزاء: - الجزء (AB) يكون تغير pH المزيج فيه طفيفاً.

- الجزء (BC) يحدث فيه تغير فجائي

وسريع للـ pH (قفزة الـ pH) وتواجد نقطة التكافؤ في هذه المنطقة.



- الجزء (CD) يتغير فيه الـ pH ببطء ويؤول إلى خط مغارب أفقي.

3. 2 - تحديد حجم التكافؤ:

يحدد الحجم المسكوب عند التكافؤ V_E باستعمال:

- طريقة المعامسات: يوافق الحجم المسكوب عند التكافؤ فاصلة النقطة E المحددة بطريقة

المماسات المتوازية.

3) لما $pH < 4.2$ فإن HInd هو الغالب ومنه من أجل محلول $pH = 2$ فإن لون المحلول

أصفر ومن أجل $pH = 10$ فإن Ind هو الغالب ويكون لون المحلول أزرقاً.

4) من أجل $pH = 3.5$ فإن $p(A^-) = 25\%$ ومنه $p(HA) = 75\%$

حيث p تمثل النسبة المئوية: $p(A^-) = [A^-]/C$ و $p(HA) = [HA]/C$

→ $[HA] = p(HA) \cdot C = 0.75 \times 20 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1} = 1.5 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$

$[A^-] = p(A^-) \cdot C = 0.25 \times 20 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1} = 0.5 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$

تبرين 16:

نعتبر التالية شاردة ثنائي هيدرو جينوفوسفات/شاردة هيدرو جينوفوسفات: $H_2PO_4^- / HPO_4^{2-}$ أحد

مفظمي pH الدم ونجعلها قريباً من 7.4 وقيمة الـ pK_A لهذه الشاردة $pK_A = 6.82$ عند $25^\circ C$.

1 - احسب النسبة $\frac{[H_2PO_4^-]}{[HPO_4^{2-}]}$ في الدم.

2 - يكون $[HPO_4^{2-}] = 0.275 \text{ mol L}^{-1}$ في الدم المعطى. استنتج $[H_2PO_4^-]$.

3 - ينتج 0.035 mol من حمض البين $C_7H_5O_3$ في لتر من الدم. اكتب معادلة التفاعل الحادث

بين حمض البين الذي نرسم له HA والشاردة HPO_4^{2-} .

4 - افرض أن هذا التفاعل تام، حدد تركيزي $H_2PO_4^-$ و HPO_4^{2-} في الدم.

1) حساب النسبة $\frac{[H_2PO_4^-]}{[HPO_4^{2-}]}$: لدينا $pH = pK_A + \log \frac{[HPO_4^{2-}]}{[H_2PO_4^-]}$

$$\log \frac{[HPO_4^{2-}]}{[H_2PO_4^-]} = pH - pK_A \rightarrow \frac{[HPO_4^{2-}]}{[H_2PO_4^-]} = 10^{-(pH - pK_A)} = 10^{-(7.4 - 6.82)} = 10^{-0.58} = 0.26$$

2) استنتج $[H_2PO_4^-]$:

إذا كان $[HPO_4^{2-}] = 0.275 \text{ mol L}^{-1}$ فإن: $[H_2PO_4^-] = [HPO_4^{2-}] \times 0.26 \approx 0.07 \text{ mol L}^{-1}$

3) كتابة معادلة التفاعل بين HA والشاردة HPO_4^{2-} : $HA + HPO_4^{2-} = H_2PO_4^- + A^-$

4 - حساب تركيزي $H_2PO_4^-$ و HPO_4^{2-} إذا كان التفاعل تاماً

نتخذ جدولاً لتقديم التفاعل: $n_1 = CV = 0.035 \text{ mol}$

$n_2 (HPO_4^{2-}) = 0.275 \text{ mol}$

إذا كان الحمض هو المتفاعل المحد

$CV - x_{\text{max}} = 0$

$x_{\text{max}} = 0.035 \times 1 = 3.5 \times 10^{-2} \text{ mol}$

إذا كان HPO_4^{2-} هو المتفاعل المحد فإن

$n_1 (HPO_4^{2-}) - x_{\text{max}} = 0 \rightarrow n_1 (HPO_4^{2-}) = x_{\text{max}} = 0.275 \times 1 = 2.75 \times 10^{-1} \text{ mol}$

فالتفاعل المحد يوافق التقدم الأعظمي الأصغر ومنه $x_{\text{max}} = 3.5 \times 10^{-2} \text{ mol}$

ومنه $n_2 (HPO_4^{2-}) = x_{\text{max}} = 3.5 \times 10^{-2} \text{ mol}$

$[H_2PO_4^-] = \frac{x_{\text{max}}}{V} = 3.5 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1} \rightarrow [HPO_4^{2-}] = 2.75 \times 10^{-1} - 3.5 \times 10^{-2} = 0.24 \text{ mol L}^{-1}$

المعادلة	$HA + HPO_4^{2-} = H_2PO_4^- + A$				
التقدم	كميات المادة (mol)				
ع 0	n_1	n_2	n_3	n_4	0
ع 1	x_{max}	$n_2 - x_{\text{max}}$	$n_3 + x_{\text{max}}$	$n_4 + x_{\text{max}}$	x_{max}

لا تؤثر ان في الماء (غير فعالين) ويمكن كتابة هذا التفاعل بالشكل $H_2O_{(aq)} + HO_{(aq)} = 2H_2O_{(l)}$



تمرين 3:

نعاير حجما $V_A = 20,0 \text{ mL}$ من حمض كلور الماء تركيزه $C_A = 100 \times 10^{-1} \text{ mol/L}$ بحلول الصود تركيزه $C_B = 125 \times 10^{-1} \text{ mol/L}$ المريج يساوي 2,1 بعد إضافة حجم من الأساس $V_B = 14,0 \text{ mL}$ وهو أقل من حجم التكافؤ. بين بأن تفاعل المعايرة تام.

الحل:

معادلة التفاعل الحادث هي: $H_2O_{(aq)} + HO_{(aq)} = 2H_2O_{(l)}$ شاركتين غير فعالتين في المحلول وتركيز الحصص هو نفسه تركيز شوارد الأيونات H_2O .

لنحسب نسبة التقدم النهائي لمعرفة إذا كان التفاعل تاما: $x_1 = x_{eq}$ $x_2 = x_{max}$

$$pH = -\log[H_3O^+] \rightarrow [H_3O^+] = 10^{-pH}$$

$$[H_3O^+] = \frac{C_A V_A}{V_A + V_B} \rightarrow 10^{-pH} = \frac{C_A V_A - x_{eq}}{V_A + V_B}$$

$$x_{eq} = C_A V_A - 10^{-pH} (V_A + V_B)$$

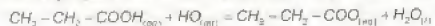
بما ان حجم الأساس أقل من حجم التكافؤ فإن $HO_{(aq)}$ هو المتفاعل المحد ومعه:

$$r = \frac{x_1}{x_{max}} = \frac{C_A V_A - 10^{-pH} (V_A + V_B)}{C_B V_B} \quad C_B V_B - x_{max} - 0 \rightarrow x_{max} = C_B V_B$$

التفاعل تام $\rightarrow r = 0,989 \approx 1$

تمرين 4:

تحقق معايرة محلول حمض الزوبونيك بواسطة محلول الصود، ومعادلة تفاعل المعايرة تكتب:



حجم المحصل $V_A = 10,0 \text{ mL}$ وتركيز الأساس هو $100 \times 10^{-1} \text{ mol/L}$ ، فحقق التكافؤ بعد إضافة حجم من المحلول المعاير المسكوب $12,4 \text{ mL}$.

- حدد المتفاعل المعاير والمتفاعل المعاير.
- حدد من نتائج المعايرة الكمية الابتدائية للمتفاعل المعاير.
- استنتج التركيز الابتدائي للمحلول المعاير.

الحل:

1) المتفاعل المعاير: هو محلول الصود $HO_{(aq)}$

2) المتفاعل المعاير: هو محلول حمض الزوبونيك $CH_2 = CH - COOH_{(aq)}$

تحديد كمية المتفاعل المعاير عند التكافؤ تكون: كمية الحصص المعاير - كمية الأساس المضاف ومعه: $n_0 = n_B \rightarrow n_0 = C_B V_B = 100 \times 10^{-1} \times 12,4 \times 10^{-3} = 12,4 \times 10^{-1} \text{ mol}$

3) التركيز الابتدائي للمحلول المعاير عند التكافؤ: $n_0 = n_B$

$$\rightarrow C_A V_A = C_B V_B \rightarrow C_A = \frac{C_B V_B}{V_A} = \frac{12,4 \times 10^{-1}}{10 \times 10^{-3}} = 0,124 \text{ mol/L}$$

- طريقة منحني المشتقة: يوافق الحجم المسكوب عند التكافؤ V_{eq} فاصلة النهاية العظمى للمنحني $\frac{dpH}{dV} = g(V)$

يمكن تحديد حجم التكافؤ عن طريق برنامج (logiciel) يرسم بيان تطور مشتق الـ pH بالنسبة للحجم V للمتفاعل المعاير.

3.5 - المعايرة اللونية: (دون استعمال الـ pH - متر):

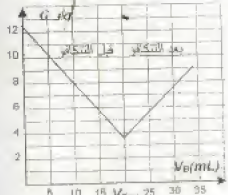
ان الحجم المسكوب عند التكافؤ في الطريقة اللونية يوافق تغير لون كاشف ملون مختار بشكل مناسب الذي منطقة تحوله لوني تحتوي قيمة الـ pH عند التكافؤ.

تستعمل كمية صغيرة جدا من الكاثف للون (يضع قطرات) حتى لا يؤثر على المتفاعلات.

الكمية	لون الشكل الأساسي	منطقة التحول	لون الشكل المحض	الكاثف
3,7	أحمر	3.1-4.4	أصفر-برتقالي	فيليتين
4,7	أزرق	3.8-5.4	أصفر	أفنديروم كريبول
7	أزرق	6-7.6	أصفر	أزرق البريوجينول
9,4	وردي	8.2-10	عديم اللون	فول-فانين

4.5 - المعايرة عن طريق قياس الناقلية G أو الناقلية النوعية σ .

ان الحجم المسكوب عند التكافؤ في طريقة الناقلية يوافق نقطة تقاطع المستقيمين للمنحنين $\sigma = f(V)$ أو $G = f(V)$



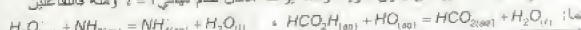
تمارين:

تمرين 1:

تغطي نسبة التقدم النهائي r من أجل تفاعلات مختلفة لمعايير مائية حمضية وأساسية لها نفس التركيز $C = 10 \text{ mmol/L}$ حدد من بين هذه التفاعلات الأربع التفاعلات التي يمكن أن تتم بها المعايرة. اكتب معادلة التفاعل الموافق.

حمض	أساس	r
$HCOOH_{(aq)}$	$HO_{(aq)}$	1,0
$HCOOH_{(aq)}$	$CH_3COO_{(aq)}$	0,91
$H_2O_{(aq)}$	$NH_{3(aq)}$	1,0
$CH_3COOH_{(aq)}$	$NO_{2(aq)}$	0,31

يشترط في تفاعل المعايرة أن يكون سريعا وتاما يوافقه معدل تقدم نهائي $r = 1$ ومعه التفاعلين

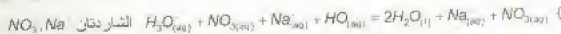


تمرين 2:

اكتب معادلات تفاعل المعايرة للمحاليل المائية التالية:

(a) حمض الآزوت HNO_3 وهيدروكسيد الصوديوم $NaOH$ ، هذان اللوعان يؤثران بشكل تام على الماء
(b) حمض الإيتانويك CH_3COOH ، والشادر NH_3 ، هذان اللوعان يؤثران بشكل غير تام على الماء.

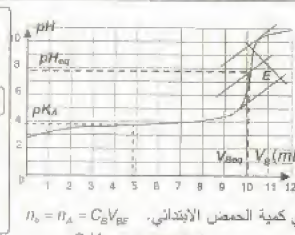
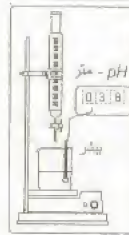
الحل:



$V_0 (ml)$	0	2	4	6	8	8.5	9	9.5	9.8	9.9	10	10.1	10.2	10.5	11	12
pH	2.7	3.5	3.7	3.9	4.1	4.2	4.5	4.8	5.5	6.0	6.9	8.1	9.4	10.1	10.8	11

- أرسم شكلاً للتجهيز التجريبي المستخدم مع تسمية مختلف الأجزاء والتجهيزات المستخدمة.
- أرسم منحنى $pH = f(V)$ الممنوع $pH = 0.5cm \rightarrow 1pH$ ، $V = 0.5cm \rightarrow 1mL$.
- استنتج من المنحنى حجم الصود المستهلك عند التكافؤ V_{BE} .
- احسب تركيز محلول حمض الميثانويك.
- ما قيمة النسبة $\frac{[HCOO^-]}{[HCOOH]}$ لما $pK_A = pH$ ؟
- استنتج من المنحنى قيمة pK_A للثنائية $HCOOH_{(aq)} / HCOO_{(aq)}$.

الحل:



- رسم تجهيز المعايرة
- رسم المنحنى
- تحدد نقطة التكافؤ باستعمال طريقة المماسات المتوازية.
- حساب تركيز حمض الميثانويك عند نقطة التكافؤ

كمية الأساس المضاف تساوي كمية الحمض الابتدائي. $n_o = n_a = C_B V_{BE}$

$$\rightarrow C_A V_A = C_B V_{BE} \rightarrow C_A = \frac{C_B V_{BE}}{V_A} = \frac{0.10 \times 10.1}{100} = 1.0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

(5) إيجاد قيمة النسبة $\frac{[HCOO^-]}{[HCOOH]}$ لما $pK_A = pH$:

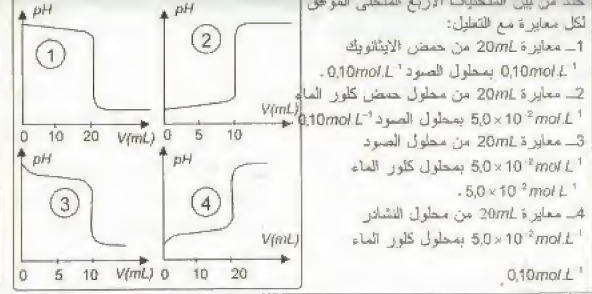
لدينا العلاقة $pH = pK_A \rightarrow \log \frac{[HCOO^-]}{[HCOOH]} = 0 \rightarrow \frac{[HCOO^-]}{[HCOOH]} = 1$ ، $pH = pK_A + \log \frac{[HCOO^-]}{[HCOOH]}$

(6) قيمة pK_A للثنائية $HCOOH_{(aq)} / HCOO_{(aq)}$:

$pH = pK_A \rightarrow [HCOO^-] = [HCOOH]$ وذلك يوافق نصف حجم الأساس المضاف عند التكافؤ فمن أجل $pH = pK_A = 3.8 + V_0 = 5.0 \text{ mL}$.

تمرين 8:

- يعتبر هيدروكسيد الصوديوم الصلب شراً لئلاء أي ينتج بسهولة بخار الماء الموجود في الهواء، وبالتالي فإن تركيز محلول الصود المضر يجب التأكد منه.
- حضر محلول S حجمه $V_0 = 100.0 \text{ mL}$ بإذابة بلورات الصود كتلتها $m = 10.8 \text{ g}$ في الماء النقي نريد أن نحدد تركيز المحلول S بمعايرة حجم $V = 10.0 \text{ mL}$ بمحلول حمض كلور الماء تركيزه $C_A = 0.200 \text{ mol.L}^{-1}$ بوجود قطرات من أزرق
- البروموثيمول فيحصل تغير اللون الذي يشير إلى نقطة التكافؤ من أجل حجم $V_{BE} = 12.3 \text{ mL}$.
- صف البروتوكول التجريبي المتبع.
 - اكتب معادلة تفاعل المعايرة.
 - ما تغير اللون الملاحظ؟
 - حدد التركيز C للمحلول (S).
 - ما هي الكتلة الحقيقية للصود الموجودة في بلورات الصود؟
 - استنتج النسبة المئوية للكتلة الممتصية للبلورات.



- حدد من بين المنحنيات الأربع النموذج التالي:
- 1- معايرة 20 mL من حمض الإيثانويك 0.10 mol.L^{-1} بمحلول الصود 0.10 mol.L^{-1} .
 - 2- معايرة 20 mL من محلول حمض كلور الماء 0.10 mol.L^{-1} بمحلول الصود $5.0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.
 - 3- معايرة 20 mL من محلول الصود 0.10 mol.L^{-1} بمحلول حمض كلور الماء $5.0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.
 - 4- معايرة 20 mL من محلول النشادر 0.10 mol.L^{-1} بمحلول كلور الماء $5.0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.
- الحل:
- المنحنى (4) يوافق معايرة حمض الإيثانويك بمحلول الصود لأن المنحنى يحتوي نقطتي انعطاف وأن $V_{BE} = 20 \text{ mL}$.
 - المنحنى (2) يوافق معايرة حمض كلور الماء بمحلول الصود لأن المنحنى يحتوي نقطة انعطاف واحدة وأن $V_{BE} = 10 \text{ mL}$.
 - المنحنى (1) يوافق معايرة محلول الصود بمحلول حمض كلور الماء لأن المنحنى يحتوي نقطة انعطاف وأن $V_{BE} = 20 \text{ mL}$.
 - المنحنى (3) يوافق معايرة محلول النشادر بمحلول حمض كلور الماء لأن المنحنى يحتوي نقطتي انعطاف وأن $V_{BE} = 10 \text{ mL}$.

تمرين 6:

- 1- ماذا تعني المعايرة؟
- 2- ماهو مبدأ المعايرة الـ pH - مترية؟
- (b) كيف يتم اختيار النقط الذي تتم به المعايرة؟
- (c) كيف تسمى نهاية المعايرة؟

الحل:

- 1- معنى المعايرة: تعني المعايرة تحديد تركيز النوع الكيميائي المعجل المسمى المتفاعل المعايير بواسطة نوع كيميائي آخر يدعى المتفاعل المعايير.
- (b) يجب أن يكون تفاعل المعايرة سريعاً وثمناً
- (c) تدعو نهاية تفاعل المعايرة بالتكافؤ.
- 2- مبدأ المعايرة: تصنيف المحلول المعايير بقطرة قطرة إلى المحلول المعايير ونقيس pH محلول المزيج من أجل كل إضافة للمحلول المعايير ثم نرسم المنحنى $pH = f(V)$ ويعرف التكافؤ بالتغير الفجائي السريع لـ pH المحلول.
- 3- التجهيز اللازم للمعايرة: - مسحاة تملأ بالمقايير - بيشر يحتوي المتفاعل المعايير - محرار كيميائي - مقاييس pH - متر.

تمرين 7:

نستخرج عن طريق الـ pH - متر معايرة محلول حمض الميثانويك $HCOOH$ بواسطة محلول الصود

إذن التركيز الابتدائي للمحلول التجاري $S_0 = 1000C_0 = 1000 \times 0,011 = 11 \text{ mol.L}^{-1}$

(4) من أجل تبيان أن التفاعل تام، نحسب نسبة التقدم النهائي للتفاعل $r = \frac{x_f}{x_{\text{max}}}$

المعادلة		$H_3O^+ + NH_3 = NH_4^+ + H_2O$			
تقدم	ح	كميات المادة (mol)			
ت	0	n_A	n_i	0	0
ت	x	$n_A - x$	$n - x$	x	x
ن	x_f	$n_A - x_f$	$n - x_f$	x_f	x_f

نخرج جدولاً لتقدم التفاعل:

من الحجم $V_A = 5 \text{ mL}$ فإنه أقل من حجم التكافؤ، فالمتفاعل المحد هو شوارد الهيدرونيوم ومنه:

$$C_A V_A - x_{\text{max}} = 0 \rightarrow x_{\text{max}} = C_A V_A$$

$$x_{\text{max}} = 0,015 \times 5,0 \times 10^{-3} = 7,5 \times 10^{-5} \text{ mol}$$

وفي الحالة النهائية تكون كمية شوارد

$$x_f(H_2O^+) = [H_2O^+]_A(V_A - V_f) = 10^{-3}(V_A - V_f) \quad x_f(H_2O^+) = C_A V_A - x_f = x_f = C_A V_A - x_f(H_2O^+) = 7,5 \times 10^{-5} \text{ mol}$$

$$x_f = C_A V_A - 10^{-3}(V_A + V_f) = 7,5 \times 10^{-5} - 10^{-3}(5 + 20) \times 10^{-3} = 7,5 \times 10^{-5} \text{ mol}$$

ومنه فإن $r = \frac{x_f}{x_{\text{max}}} = \frac{7,5 \times 10^{-5}}{7,5 \times 10^{-5}} = 1$ والتفاعل تام وبالتالي يمكن استعماله في المعايرة.

تمرين 10:

تريد تحديد تركيز محلول حمض الميثانويك،

من أجل ذلك نضع حجماً $V_0 = 10,0 \text{ mL}$ من

محلول هيدروكسيد الصوديوم تركيزه

$$C_B = 2,5 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

بالتدرج ونقيس pH المزيج من أجل كل إضافة

1- أرسم شكلاً لتجهيز المعايرة مع التسمية.

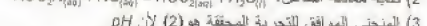
2- اكتب معادلة تفاعل المعايرة.

3- حدد من بين المنحنيين التاليين الموافق لتجربة المحققة مع التفاعل.

4- إذا كان الحجم عند التكافؤ هو $8,6 \text{ mL}$ ، حدد تركيز حمض الميثانويك في المحلول.

الحل:

(1) رسم تجهيز المعايرة.



(2) كتابة معادلة التفاعل:

(3) المنحني الموافق لتجربة المحققة هو (2) لأن pH

محلول هيدروكسيد الصوديوم في الكأس إما $V_A = 0$ هو أكبر من 10

(4) عند التكافؤ تكون كمية الحمض المضاف تساوي كمية الأساس

$$n_B = n_A \rightarrow C_B V_B = C_A V_{AE} = C_A V_{AE}$$

$$\rightarrow C_A = \frac{C_B V_B}{V_{AE}} = \frac{2,5 \times 10^{-2} \times 10,0}{8,6} = 2,9 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

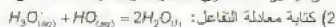
تمرين 11:

تحتوي بطاقة مثبتة على قارورة لمحلول S_0 لحمض كلور الماء المعلومات:

$$p = 1190 \text{ g.L}^{-1} \quad 37\% \text{ HCl} \quad \text{الكثافة الحجمية}$$

تطور جملة كيميائية نحو حالة التوازن

(1) نضع في كأس بيسر $V_0 = 10 \text{ mL}$ من محلول S_0 حمض كلور الماء. نضيف إليه قطرات من الأزرق البروموثيمول ونملا الساحة حتى خط العيار بمحلول حمض كلور الماء ثم نسكب الحمض قطرة قطرة مع التحريك المستمر فنجد أول قطرة يتغير عندها لون المحلول نوقف إضافة الحمض دلالة على حصول التكافؤ.



(2) كتابة معادلة التفاعل:

(3) تغيير اللون الملاحظ: هو تحول اللون الأزرق للمحلول (أساسي) إلى اللون الأصفر.

(4) عند التكافؤ تكون كمية الحمض المضافة تساوي كمية الأساس الابتدائية $n_B(HO) = n_A$

$$CV = C_A V_{AE} \rightarrow C = \frac{C_A V_{AE}}{V} = \frac{0,200 \times 12,3}{10} = 0,246 \text{ mol.L}^{-1}$$

(5) حساب الكتلة الحقيقية للبثورات الصوديوم:

$$m_0 = CMV_0 = 0,246 \times 10 \times 0,1 = 0,984 \text{ g} \quad \text{ومنه } n = \frac{m_0}{M}, C = \frac{n}{V_A}$$

(6) النسبة العنقودية لكتلة الصوديوم في البثورات: $p = \frac{m_0}{m} \times 100 = \frac{0,984}{1,08} \times 100 = 91\%$

تمرين 9:

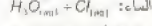
يمكن استعمال محلول الناشر S_0 التجاري

كمنتج للتطهير بعد تعديده من

أجل تحديد التركيز C_0 للمحلول S_0 الشديد

التركيز نمذنه الق مرة، نعاير المحلول المعدد

الذي يرمز له بـ S بمحلول حمض كلور



تركيزه $C_A = 0,015 \text{ mol.L}^{-1}$ ، نضيف محلول

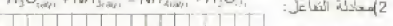
الحمض (A) بالتدرج إلى كأس بيسر

يحتوي $V = 20,0 \text{ mL}$ من المحلول S ونقيس

بعد كل إضافة pH المحلول فنحصل على النتائج

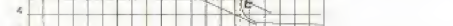
الحل:

(1) رسم الشكل الخاص بتجهيز المعايرة:



(2) معادلة التفاعل:

(3) رسم المنحني:

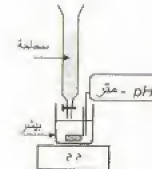
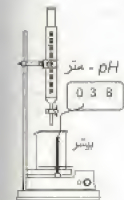


عند التكافؤ تكون كمية الأساس الابتدائي تساوي كمية الحمض المضاف

$$n_A(NH_3) = n_B(H_3O^+) = C_A V_{AE} \rightarrow CV = C_A V_{AE}$$

وعن طريق المعادلات المتوازنة يكون حجم الحمض عند التكافؤ $V_{AE} = 14,2 \text{ mL}$

تطور جملة كيميائية نحو حالة التوازن



بعد التناك من كل الصوديوم تفاعل يرد من أجل التفاعل ونسكه في حجرة عيارية سعتها 200mL تحتوي ماء مقطر ثم نكمل بالماء النقي حتى خط العيار ونرمز للمحلول الناتج (S).

نأخذ حجما $V_0 = 10.0 \text{ mL}$ من المحلول S ونعباره بمحلول حمض كلور الماء تركيزه $C_A = 1.0 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$

معطيات: $pK_a(H_2O/HO) = 14.0$, $pK_a(H_2O/H_2O) = 0$, $\rho = 790 \text{ g.L}^{-1}$

يؤثر الصوديوم في الأيثانول وفق معادلة التفاعل (1)



وتؤثر شاردة الأيثانول لآت $C_2H_5O^-$ المشكلة في الماء وفق معادلة التفاعل (2) (يطلب كتابتها فيما بعد)

1- هل يمكن اعتبار المعادلة (1) كتفاعل حمض-أساس؟ علل اجابته.

2- بين أن الأيثانول متواجد بالزيادة بالنسبة للصوديوم.

3- يمكن اعتبار التفاعل (1) تاما، احسب كمية شوارد الأيثانول لآت المشكلة في المعادلة (1).

4- تعتبر شاردة الأيثانول لآت أساسا، عاوه حمضها المرافق؟

5- أكتب معادلة التفاعل (2) مع العلم أنه تفاعل حمض-أساس.

6- يمكن اعتبار التفاعل (2) تاما، كيف يمكن أن نرمز للمحلول S؟

7- أكتب معادلة تفاعل المعيارية واحسب ثابت التوازن.

8- أن حجم محلول حمض كلور الماء المضاف عند التكافؤ هو $V_{AE} = 21.4 \text{ mL}$.

بأية طريقة يمكن تحديد هذا التكافؤ؟

الحل:

1- المعادلة (1) ليست تفاعل حمض-أساس إنما هي تفاعل أكسدة إرجاع لأن الصوديوم

تحول إلى Na^+ : $C_2H_5OH_{(aq)} + e^- = C_2H_5O_{(aq)}^- + \frac{1}{2} H_2$, $Na_{(aq)} = Na_{(aq)}^+ + e^-$

2- إثبات أن الأيثانول موجود بالزيادة: نحسب كتلة الكحول الابتدائية المستعملة m_0

كمية الكحول المتفاعل: $m_0 = nV = 790 \times 20 \times 10^{-3} = 15.8 \text{ g}$

ومنه $m < m_0$ فالكحول مستعمل بالزيادة

3- يمكن اعتبار التفاعل (1) تاما، فالصوديوم هو المتفاعل المحد ومنه $x_{Na} = x_{max}$ وكمية

الصوديوم المتفاعل تساوي كمية شوارد الأيثانول لآت المشكلة ومنه $r = \frac{x_r}{x_{max}} = 1$

كمية الكحول المتفاعل: $n_{C_2H_5OH} = n_{Na} = \frac{m}{M_{Na}} \rightarrow m = \frac{M_{C_2H_5OH} \times m_{Na}}{M_{Na}} = \frac{46 \times 1}{23} = 2 \text{ g}$

ومنه $m < m_0$ فالكحول مستعمل بالزيادة

3- يمكن اعتبار التفاعل (1) تاما، فالصوديوم هو المتفاعل المحد ومنه $x_{Na} = x_{max}$ وكمية

الصوديوم المتفاعل تساوي كمية شوارد الأيثانول لآت المشكلة ومنه $r = \frac{x_r}{x_{max}} = 1$

كمية الكحول المتفاعل: $n_{C_2H_5OH} = n_{Na} = \frac{m}{M_{Na}} \rightarrow m = \frac{M_{C_2H_5OH} \times m_{Na}}{M_{Na}} = \frac{46 \times 1}{23} = 2 \text{ g}$

ومنه $m < m_0$ فالكحول مستعمل بالزيادة

3- يمكن اعتبار التفاعل (1) تاما، فالصوديوم هو المتفاعل المحد ومنه $x_{Na} = x_{max}$ وكمية

الصوديوم المتفاعل تساوي كمية شوارد الأيثانول لآت المشكلة ومنه $r = \frac{x_r}{x_{max}} = 1$

كمية الكحول المتفاعل: $n_{C_2H_5OH} = n_{Na} = \frac{m}{M_{Na}} \rightarrow m = \frac{M_{C_2H_5OH} \times m_{Na}}{M_{Na}} = \frac{46 \times 1}{23} = 2 \text{ g}$

1- كيف يمكن أخذ 4.2mL من المحلول S_0 ، ونمادأ دخنا الماء النقي في الحجرة العيارية قبل ادخال الحمض؟

2- حدد التركيز المولي التقريبي لمحلول الحمض (S) المحضر.

3- من أجل التناك من هذا التركيز تعابر المحلول S بمحلول B ليهيدروكسيد البوتاسيوم تركيزه $K_{(aq)}^+ + HO_{(aq)}^-$ تركيزه $C_B = 4.00 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ نسكب المحلول S في 20mL من

المحلول B بالكترنج مع قياس pH المزيج بعد كل إضافة فنحصل على النتائج التالية:

$V_B(\text{mL})$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	8.5	9	10	11	12
pH	12.6	12.5	12.4	12.3	12.2	12.1	11.9	11.6	10.7	2.9	2.5	2.2	2	1.9

(a) ارسم شكلا لتجهيز المعايرة مع التسمية.

(b) اكتب معادلة تفاعل المعايرة واحسب ثابت التوازن.

(c) ارسم لابين $pH = f(V)$ وحدد حجم التكافؤ V_{SE} ، ثم استنتج تركيز المحلول S ثم تركيز المحلول S_0 .

4- ما هو الكاشف الملون المناسب لهذه المعايرة وكيف يتطور لون المحلول أثناء المعايرة؟

الحل:

1- يتم أخذ الحجم 4.2mL من الحمض بواسطة ماصة عيارية مدرجة سعتها 5mL، ويتم ارفاعه في الماء النقي داخل الحجرة لكي لا يتغير الحمض عند استعماله وحده.

2- حساب تركيز المحلول المحضر (S):

$$C_S = \frac{n}{V} = \frac{m}{MV} \quad C = \frac{\rho V_S P}{MV} \quad \text{ومنه: } C = \frac{1.19 \times 4.2 \times 37}{100 \times 36.5 \times 0.5} = 0.10 \text{ mol.L}^{-1}$$

3- ارسم التجهيز الخاص بالمعايرة:

(b) معادلة التفاعل:



c- رسم المنحني: $pH = f(V)$

باستعمال طريقة المماسات نجد أن نقطة التكافؤ E

حيث: $V_{SE} = 8.3 \text{ mL}$, $pH_E = 7$

عند التكافؤ يكون $C_B V_B = C_S V_S \rightarrow n_B = n_S \rightarrow C_B V_B = C_S V_S$

: $C_S = \frac{C_B V_B}{V_{SE}} = \frac{4.10^{-2} \times 20}{8.2} = 0.0975 \text{ mol.L}^{-1}$

هذه النتيجة متوافقة تقريبا مع النتيجة المصوبة في السؤال 2

من علاقة التمدد نحسب C_{S0} حيث $C_{S0} V_0 = C_S V$

: $C_{S0} = \frac{C_S V}{V_0} = \frac{0.0975 \times 500}{4.2} = 11.6 \text{ mol.L}^{-1}$

4 - pH نقطة التكافؤ 7 تقع في منطقة التحول اللوني للكاشف الأزرق البروموثيمول فالتلون

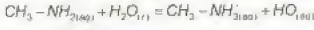
يتغير من الأزرق نحو الأصفر عند نقطة التكافؤ.

تمرين 12:

ندخل 1g من الصوديوم في 20mL من الأيثانول النقي فيحدث تفاعل نشيط تاسر للحرارة فينبثق

تحديد m : لدينا $n(CH_3-NH_2) = C_B V_B, m = nM$ ومنه:
 $m = C_B V_B M = 5.10^{-2} \cdot 0.531 = 0.78g$

التحقق من أن تفاعل الميثان أمين مع الماء محدود: لدينا



أيضا: $[HO] = \frac{Ke}{[H_3O^+]} = Ke^{10^{-pH}} = 10^{(pH - pK_a)}$ وتكون نسبة التقدم النهائي

$$\tau = \frac{[HO]}{C_B} = \frac{10^{(11.7 - 14)}}{0.05} = 0.1 \rightarrow \tau < 1$$

التقدم الأعظمي للتفاعل عند $V_A = 10mL$

المفاعل المحد هو حمض كلور الماء ومنه: $x_{eq} = C_A V_A = 10^{-1} \cdot 10^{-2} = 10^{-3} mol$

ب- عبارة نسبة التركيزين بدلالة pH ثم بدلالة x_{eq} :

$$\frac{[CH_3-NH_2]_{eq}}{[CH_3-NH_3^+]_{eq}} = \frac{C_B V_B - x_{eq}}{x_{eq}} \quad \text{بدلالة } x_{eq}: \quad \frac{[CH_3-NH_2]_{eq}}{[CH_3-NH_3^+]_{eq}} = \frac{10^{-3} - x_{eq}}{x_{eq}} = 10^{(pH - pK_a)}$$

قيمة التقدم عند التكافؤ: من العلاقتين السابقتين نجد: $x_{eq} = \frac{C_B V_B}{1 + 10^{(pH - pK_a)}} = 10^{-3}$

ج- نسبة التقدم النهائي للتفاعل من أجل $V_A = 10mL$ ومنه: $\tau_f = \frac{x_{eq}}{x_{max}} = 1$ فالتفاعل المعايرة تام.

د- قيمة ثابت التوازن لهذا التفاعل $K_A = \frac{1}{K_B} = 5 \times 10^9$

هـ- الأيونات الكيميائية المتواجدة عند التكافؤ: $CH_3-NH_3^+_{(aq)}, H_2O_{(l)}, OH^-_{(aq)}, CH_3-NH_2_{(aq)}$

و- قيمة النسبة $r = \frac{[CH_3-NH_2]_{eq}}{[CH_3-NH_3^+]_{eq}}$ عند التكافؤ:

$$K_A = \frac{[CH_3-NH_2]_{eq} [H_3O^+]_{eq}}{[CH_3-NH_3^+]_{eq}} = r [H_3O^+]_{eq}$$

$$r = \frac{K_A}{[H_3O^+]_{eq}} = \frac{10^{-9.5}}{10^{-10.7}} = 10^{(10.7 - 9.5)} = 10^{1.2} = 2 \times 10$$

متبقى عند التوازن تمهل ففعا للميثان أمين مع الحمض تام.

تمرين 16

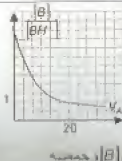
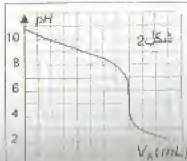
تحضير محلول لا مالينا (S_0) بإعاز الناشر (NH_3)

ب- نصف لـ ($20cm^3$) منه تدريجيا حلول حمض كلور الماء تركيزه

مولاري $10^{-2} mol/L$ من بعض قطرات

كاشف مناسب وتغير لون الكاشف

د- سكب حجم (V_{eq}) من المحلول الحمضي.



المرافق $[BH^+]$ بدلالة حجم المحلول الحمضي المضاف V_A .

1- أوجد:

أ- حجم المحلول الحمضي (V_{AE}) ؟ ب- استنتاج التركيز المولي الابتدائي للمحلول (S_0) ؟

2- استنتاج pK_A للتنائي حمض (BH^+/B) علما أن pH المحلول

(S_0) هو 11 عند $25^\circ C$. عند استعمال جهاز الـ pH متر في المعايرة السابقة، تحصلنا

على منحنى تغيرات الـ pH بدلالة حجم المحلول الحمضي المضاف (الشكل-2)

3- اكتب معادلة التفاعل الحادث ؟

4- استنتاج إحداثيتي نقطة التكافؤ ؟

5- من بين الكواشف التالية ما هو الكاشف المناسب:

الكاشف	أزرق	الفيول	الفيوليتين
مجال تغير اللون	8.6 - 6.2	9.5 - 7.2	4.4 - 3.1

الحل:

1/ أ- حجم المحلول الحمضي (V_{AE}): من الشكل 1 نلاحظ تناقص النسبة $[BH^+]/[B]$ عند إضافة

الحمض حتى تبلغ القيمة 1 من أجل $V_A = 20mL$ والتي تمثل حجم نصف التكافؤ ويكون عند

$V_{AE} = 2 \times 20 = 40mL$ ومنه حجم الحمض المضاف عند التكافؤ هو:

ب- استنتاج التركيز المولي الابتدائي للمحلول (S_0): لدينا

$$C_B = C_A V_{AE} / V_A = 10^{-2} \times 40 / 20 = 2 \times 10^{-2} mol/L$$

2- استنتاج pK_A للتنائي حمض (BH^+/B): من الشكل- 1

نجد أنه من أجل $V_A = 20mL$ فإن $pH = pK_A = 9.2$ لأن النسبة

$$\log \frac{[B]}{[BH^+]} = 0 \quad \text{وبالتالي:} \quad \frac{[B]}{[BH^+]} = 1$$

3- معادلة التفاعل: $NH_{3(aq)} + H_3O^+_{(aq)} = NH_4^+_{(aq)} + H_2O_{(l)}$

4- استنتاج إحداثيتي نقطة التكافؤ باستخدام

طريقة المماسات نجد: $(V_{AE}, pH_E = 5.8)$

5- الكاشف المناسب: هو الفينوليتين

تمرين 17

يؤثر التشار في الماء بشكل محدود، نطق

معادلة حجم $V_0 = 10mL$ من محلول مالي B

للتشار تركيزه $C_0 = 1.5 \cdot 10^{-2} mol/L$ يحول

$C_0 = 2.10^{-2} mol/L$ تركيزه A تركيزه A

أ- اكتب المعادلة الكيميائية لتفاعل المعايرة، وما

هي القابليات حمض- أساس الداخلة في التفاعل ؟

ب- حدد حجم محلول حمض كلور الماء

المسكون عند تكافؤ

ج- عند سكب $V_A = 5mL$ كان pH المحلول 8.9

د- من بين الكاشف المناسب لتفاعل المعايرة

معللا بإجابة السؤال 2

الحل:

1- كتابة معادلة التفاعل و القابليات الداخلة فيه :

ب- عبر عن العلاقة المتواجدة بين تراكيز

الأنواع المتواجدة في محلول التشار وثابت

الموضوعة K_A ثنائية التشار.

ج- عبر عن النسبة NH_3/NH_4^+ بدلالة pH ، pK_A

د- عبر عن تركيز $[NH_3]$ ، $[NH_4^+]$ بدلالة

C_0, V_0, V_A, x_{eq} .

هـ- استنتج من السؤلين c ، d عبارة x_{eq}

بدلالة pH, C_0, C_A .

و- بين أن التفاعل تام بحساب التقدم النهائي.

يعطى: $pK_A(NH_3/NH_4^+) = 9.2$

90

التطور التلقائي نحو حالة التوازن

1 - مذكور بكسر التفاعل: Q_r

ليكن التحويل الكيميائي الذي يتحول فيه الأنواع الكيميائية A, B, C, D والمنمدج بالمعادلة: $aA_{(aq)} + bB_{(aq)} = cC_{(aq)} + dD_{(aq)}$ حيث a, b, c, d معاملات الستوكيومترية. باستبعاد المذيب (الماء في الحالة العامة) والأنواع الكيميائية الصلبة فإن نسبة التفاعل تكتب بالمعادلة:

$$Q_r = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$$

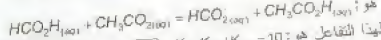
بالمعادلة:

يبدل في عبارة Q_r تراكيز الأنواع الكيميائية والمعاملات الستوكيومترية.
 - كسر التفاعل ليس له وحدة.
 - يعوض تركيز المذيب (الماء) والنوع الصلب بـ 1 في عبارة Q_r .

2 - التطور التلقائي لتحويل كيميائي:

تتطور الحالة الكيميائية من الحالة الابتدائية إلى حالة التوازن حيث يزول Q_r إلى قيمة حدية هي ثابت التوازن $K = Q_{r,eq}$ من أجل ذلك نحسب نسبة التفاعل الابتدائي $Q_{r,i}$ ونقارنه بـ K لمعرفة التطور التلقائي للحالة (جهة تطور الحالة).
 تطبيق 1: تفاعلات حمض - أساس.

لندرس التفاعل الحادث بين حمض إيثانويك CH_3COOH وشوارد الإيثانوات CH_3COO^- بوجود حمض النمل $HCOOH$ وشوارد الميتوات $HCOO^-$ ، التثنيان الداخلتان في التفاعل هما:
 $CH_3COOH/HCOO^-$ ($pK_a=4.8 \rightarrow K_a=1.6 \cdot 10^{-5}$)
 CH_3COOH/CH_3COO^- ($pK_a=3.8 \rightarrow K_a=1.6 \cdot 10^{-4}$)
 فالتفاعل الحادث (يكون تحديد الاتجاه)



وثابت التوازن لهذا التفاعل هو: $K = K_{a1}/K_{a2} = 10$
 نحقق: خلاصا ابتدائية ذات تركيب مختلف ونقيس pH كل مزيج عند التوازن ثم نحسب كسر التفاعل الابتدائي $Q_{r,i}$ الموافق للحالة الابتدائية والتي تنتج مباشرة عند مزج الأنواع الكيميائية في اللحظة $t=0$ قبل أن تبدأ الأنواع الكيميائية في التفاعل.

المزيج	A	B	C
$V_1(CH_3CO_2H)$ mL	10	20	10
$V_2(HCO_2H)$ mL	10	5	7
$V_3(CH_3CO_2Na)$ mL	10	7	10
$V_4(HCO_2Na)$ mL	10	10	10
pH	4.2	3.7	4.8

قارن ثابت التوازن K بكسر التفاعل الابتدائي $Q_{r,i}$ في كل حالة.

$$Q_{r,i} = \frac{[CH_3CO_2H][HCO_2^-]}{[CH_3CO_2^-][HCO_2H]} = \frac{V_1 \cdot V_2}{V_3 \cdot V_4}$$

حيث $Q_{r,i} = \frac{V_1 \cdot V_2}{V_3 \cdot V_4}$ ومنه: $Q_{r,i} = \frac{V_1 \cdot V_2}{V_3 \cdot V_4}$

حساب pH في الحالة الابتدائية من أجل التثنية: $Q_{r,i}(A)=1, Q_{r,i}(B)=40, Q_{r,i}(C)=10$
 في الحالة الابتدائية من أجل التثنية: CH_3COOH/CH_3COO^- بالمعادلة:
 طور الـ pH: المزيج A: $pH_{A,eq} = pK_{a1} + \log \frac{[CH_3CO_2H]}{[CH_3CO_2^-]}$
 $pH_{A,eq} = 4.8, pH_{B,eq} = 3.5, pH_{C,eq} = 4.8$ ومنه: $pH_{A,eq} = pK_{a1} + \log \frac{[CH_3CO_2H]}{[CH_3CO_2^-]}$
 أن حمض الإيثانويك قد تشكل في تطورات الحالة في الاتجاه المباشر.
 المزيج B: $K = Q_{r,i}(B) = 40$ $pH_{B,eq} = 3.7$ $pH_{C,eq} = 4.8$ $pH_{A,eq} = 4.8$

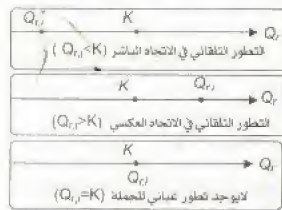
الابتدائية تناقص حمض الإيثانويك أي يزداد المقدار $[CH_3CO_2H]/[CH_3CO_2^-]$ وبالتالي تتشكل شوارد $HCOO^-$ والحالة تتطور في الاتجاه غير مباشر (العكسي).

المزيج C: $K = 10 = Q_{r,i}(C) = 10$ الحالة الابتدائية $pH_{C,eq} = pK_{a1} = 4.8$

أي (الحالة الابتدائية) $pH_{C,eq} = pK_{a1} = 4.8$ $pH_{A,eq} = 4.8$ $pH_{B,eq} = 3.5$ $pH_{C,eq} = 4.8$
 نجد نفس الاستنتاجات بتوظيف التثنية: $HCOOH/HCOO^-$ مع ثابت التوازن $K=1/K=0.10$

3 - معيار التطور التلقائي

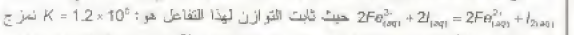
إن النتائج المتحصل عليها في التطبيق السابق والمتعلقة بمقارنة كسر التفاعل الابتدائي $Q_{r,i}$ بثابت التوازن K عامة فخلال التحويل الكيميائي تتغير Q_r من القيمة الابتدائية $Q_{r,i}$ إلى القيمة النهائية $Q_{r,eq} = K$ فنميز 3 حالات:



* إذا كان $Q_{r,i} < K$: فالجملة تتطور تلقائيا في الاتجاه المباشر للتفاعل (من اليسار إلى اليمين)
 * إذا كان $Q_{r,i} > K$: الجملة تتطور تلقائيا في الاتجاه غير مباشر (من اليمين إلى اليسار)
 * إذا كان $Q_{r,i} = K$: الجملة متواجدة في حالة توازن ديناميكي ولا تتطور.
 $K > 10^4$ تعتبر أن التفاعل تاما لما:

تطبيق 2: تفاعلات الأكسدة - إرجاع:

إذا كانت الجملة مقرا لتفاعل أكسدة - إرجاع، تنبع نفس الطريقة السابقة كما في تفاعلات حمض - أساس مع الأخذ بعين الاعتبار أن المعاملات الستوكيومترية كثيرا ما تختلف عن 1 - نعتبر تفاعل أكسدة شوارد اليود / بواسطة شوارد الحديد الثلاثي (Fe^{3+}) التالي:



من $0.10 mol$ من (Fe^{3+}) و $5.10^{-2} mol$ من I^- و $0.10 mol$ من Fe^{2+} حيث ثابت التوازن لهذا التفاعل هو: $K = 1.2 \cdot 10^5$ من مزج $1L$ من المحلول. أحسب كسر التفاعل الابتدائي $Q_{r,i}$ وقارنه بـ K واستنتج جهة تطور هذا التفاعل.

$$Q_{r,i} = \frac{[Fe^{3+}]^2 [I_2]}{[Fe^{2+}]^2 [I^-]^2} = \frac{(0.1)^2 (5.10^{-2})}{(0.1)^2 (5.10^{-2})^2} = 0.2$$

المقارنة: $Q_{r,i} < K$ فالجملة تتطور تلقائيا في الاتجاه المباشر (من اليسار نحو اليمين).
 ملاحظة: تفاعل الترسيب

نعتبر معادلة تفاعل بين شوارد الفضة وشوارد الكلور التالية: $Ag_{(aq)} + Cl_{(aq)} = AgCl_{(s)}$

ثابت التوازن لهذا التفاعل هو: $K = 5.6 \cdot 10^9$ من مزج $10^{-6} mol$ من نترات الفضة $AgNO_3$ مع $10^{-4} mol$ من كلور الصوديوم $NaCl$ في $1L$ من الماء، فيكون لدينا:

$$Q_{r,i} = \frac{[Ag^+][Cl^-]}{[Ag^+][Cl^-]} = \frac{1}{10^{-6} \cdot 10^{-4}} = 10^2$$

أي في اتجاه تكوين الشوارد $AgCl$ وبالتالي لا يتكون $AgCl$ مع هذه الشروط الابتدائية.

ثابت التوازن المرفق بهذه المعادلة: $K' = \frac{[Pb^{2+}][SO_4^{2-}]}{[Pb^{2+}]} = 1.8 \cdot 10^{-5} = 5.6 \cdot 10^{-6}$

حجم المحلول هو $V = V_1 + V_2 = 500 \text{ mL}$ بحسب $V = \frac{C_1 V_1}{C_2}$ $\frac{3.10^{-5} \times 0.1}{0.5} = 6.10^{-6} \text{ mol/L}$

ومنه: $[SO_4^{2-}] = \frac{C_2 V_2}{V} = \frac{5.10^{-5} \times 0.4}{0.5} = 4.10^{-5} \text{ mol/L}$

$Q_{r,1} = 1/(6.10^{-6})(1.10^{-5}) = 4.2 \cdot 10^6$

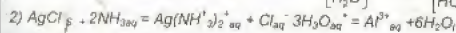
$Q_{r,1} < K'$ التفاعل يتطور تلقائياً نحو اليمين ليعطي كبريتات الرصاص الصلبة إذن يتكون راسب.

تمرين 4

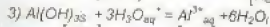
ما هي الجارة الصحيحة من عبارات كسر التفاعل الموافقة لمعادلات التفاعلات التالية:



c) $Q_r = [Ag^+]^2 [HO]^2$ b) $Q_r = \frac{[Ag^+]^2 [HO]^2}{[H_2O]^2}$



c) $Q_r = \frac{[Ag(NH_3)_2^+][Cl^-]}{[AgCl]}$ a) $Q_r = \frac{[Ag(NH_3)_2^+][Cl^-]}{[AgCl][NH_3]^2}$ b) $Q_r = \frac{[Cl^-]^2 [Ag(NH_3)_2^+]}{[NH_3]^2}$



c) $Q_r = \frac{[Al^{3+}]}{[H_3O^+]}$ d) $Q_r = \frac{[Al^{3+}]}{[H_3O^+]}$ a) $Q_r = \frac{[Al^{3+}][H_2O]^6}{[H_3O^+]}$ b) $Q_r = \frac{[Al^{3+}][H_2O]^6}{[H_3O^+][Al(OH)_3]}$

الحل: d ← 3, b ← 2, c ← 1

تمرين 5

التركيز C

1/ اكتب معادلة التفاعل (ثابت التوازن $K=5.0$)

2/ احسب كسر التفاعل الابتدائي $Q_{r,1}$

3/ كيف تتطور الجملة ؟

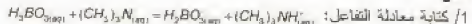
نمزج في الدرجة $25^\circ C$ حجماً $V_1=15.0 \text{ mL}$

من محلول حمض البوريك H_3BO_3 تركيزه

$C=1.0 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$ وحجم $V_2=25.0 \text{ mL}$ من

محلول ثلاثي ميثيل أمين $(CH_3)_3N_{(aq)}$ له نفس

الحل



2/ حساب $Q_{r,1}$: $Q_{r,1} = \frac{[H_3BO_3][CH_3)_3NH^+]}{[H_3BO_3][CH_3)_3N]}$ بما أن: $0 = [CH_3)_3NH^+]$ فإن $Q_{r,1}=0$

3/ بما أن $Q_{r,1} < K$ فإن الجملة تتطور تلقائياً في الاتجاه المباشر.

تمرين 6

نمزج محلولاً S₁ لمحلول الميثانويك $HCOOH$ مع محلول S₂ لميثانات الصوديوم $HCOONa$

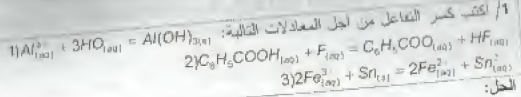
التركيز المولي لمختلف الأنواع الكيميائية الابتدائية هو: $C=1.0 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$

1/ اكتب معادلة التفاعل المرفق بالتحول.

2/ عبر عن كسر التفاعل بدلالة التقدم X وكمية مادة حمض الميثانويك الناتجة.

3/ أرسم البيان الذي يمثل كسر التفاعل بدلالة التقدم X ثم استنتج التقدم النهائي X_{eq} ونسبة التقدم

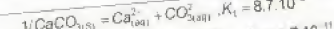
النهائي: $K_A(HCOOH/HCOO^-) = 1.8 \cdot 10^{-4}$



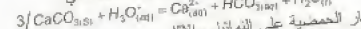
تمرين 2

1/ $Q_{r,1} = \frac{[Fe^{2+}][Sn^{2+}]}{[Fe^{3+}]^2}$ (3) $Q_{r,1} = \frac{[C_6H_5COO][HF]}{[C_6H_5COOH][F]}$ (2) $Q_{r,1} = \frac{1}{[Al^{3+}][HO]^3}$ (1)

2/ ليكن التفاعلات:



1/ احسب قيمة ثابت التوازن الكيميائي للتفاعل التالي:



الذي يفسر تأثير الأمطار الحمضية على المناظر والأثار.

2/ كيف يصبح تطور اتجاه التفاعل إذا زدنا حمضية الأمطار ؟

الحل

1/ ثابت التوازن لكل معادلة:

$K_1 = \frac{[Ca^{2+}][CO_3^{2-}]}{[CaCO_3]}$

$K_2 = \frac{[H_2O][CO_3^{2-}]}{[HCO_3^-]}$

$K = \frac{[Ca^{2+}][HCO_3^-]}{[H_2O]} = K = \frac{[Ca^{2+}][CO_3^{2-}]}{[H_2O]} \times \frac{[HCO_3^-]}{[CO_3^{2-}]}$

نلاحظ أن: $K = K_1/K_2 = \frac{8.9 \cdot 10^{-9}}{4.7 \cdot 10^{-11}} = 1.9 \cdot 10^2$

2/ إذا زادت الحموضة فإن تركيز شوارد H_3O^+ تزداد، وكسر التفاعل تصبح أقل من K فالتفاعل يتطور تلقائياً نحو اليمين مما يؤدي إلى نقص في الكالسيوم.

تمرين 3

نمزج محلولاً من نترات الرصاص $Pb(NO_3)_2$ بحجمه $V_1 = 100 \text{ mL}$ وتركيزه $C_1 = 3.10^{-3} \text{ mol/L}$

بمحلول Na_2SO_4 بحجمه $V_2 = 400 \text{ mL}$ وتركيزه $C_2 = 5.10^{-3} \text{ mol/L}$

1/ اكتب معادلة التفاعل التالي: $PbSO_4(s) = Pb^{2+}_{(aq)} + SO_4^{2-}_{(aq)}$

2/ احسب كسر التفاعل المرفق بالتفاعل التالي: $K = 1.8 \cdot 10^{-8}$ هو $Q_{r,1}$ فإن $Q_{r,1} < K$ فالتفاعل يتطور تلقائياً في الاتجاه المباشر.

3/ أرسم البيان الذي يمثل كسر التفاعل بدلالة التقدم X ثم استنتج التقدم النهائي X_{eq} ونسبة التقدم النهائي.

$V = V_1 + V_2 = 500 \text{ mL}$ $Q_{r,1} = \frac{[Pb^{2+}][SO_4^{2-}]}{[PbSO_4]}$

أجد في المحلول الأنواع الكيميائية التالية: $Pb^{2+}_{(aq)}, SO_4^{2-}_{(aq)}, Na^+_{(aq)}, NO_3^-_{(aq)}$

1/ احسب المعادلة التالية: $Pb^{2+}_{(aq)} + SO_4^{2-}_{(aq)} = PbSO_4(s)$

2/ اكتب معادلة التفاعل المرفق بالتحول.

3/ عبر عن كسر التفاعل بدلالة التقدم X وكمية مادة حمض الميثانويك الناتجة.

4/ أرسم البيان الذي يمثل كسر التفاعل بدلالة التقدم X ثم استنتج التقدم النهائي X_{eq} ونسبة التقدم النهائي.

الحل

1/ كتابة معادلة التفاعل

الأنواع الكيميائية في المحلول المائي هي $HCOOH_{(aq)}, HCOO_{(aq)}, H_2O_{(l)}, Na_{(aq)}$

معادلة التفاعل لا تدخل فيها شوارد Na^+ هي: $HCOOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} = HCOO_{(aq)} + H_3O_{(aq)}^+$

2/ التعبير عن كسر التفاعل بدلالة التقدم x:

$$Q_r = \frac{[HCOOH]}{[HCOO][H_3O^+]}$$

لدينا: $n = 1.0 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$

الأفراد الكيميائية الموجودة في 1L من المحلول فكمية

المادة تساوي التراكيز ومنه:

$$Q_r = \frac{1.0 \cdot 10^{-3} + x_{eq}}{(1.0 \cdot 10^{-3} - x_{eq})^2}$$

3/ رسم البيان $Q_r = f(x)$

نحسب قيمة Q_r من أجل قيم x المحصورة بين

$(0.8 \cdot 10^{-4} \text{ mol})$ فنحصل على البيان التالي:

ثابت التوازن

$$K' = \frac{[HCOOH]_{eq}}{[HCOO]_{eq}[H_3O^+]_{eq}} = 1/K_A$$

ومنه: $K' = \frac{1}{1.8 \cdot 10^{-4}} = 5.6 \cdot 10^3$

عند التوازن $Q_r = Q_{r,eq} = K$ هو القيمة الموافقة لـ x نستخرج من البيان

$x_{eq} = 4.9 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$

التقدم الأعظمي يوافق الاختفاء التام للمفاعلات المدخلة و هو

$x_{max} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ ونسبة التقدم النهائي: $\tau = \frac{x_{eq}}{x_{max}} = \frac{4.9 \cdot 10^{-4}}{1.0 \cdot 10^{-3}} = 0.5$

والتفاعل غير تام لأن $\tau < 1$

تمرين 7

تكن معادلة التفاعل:

1/ حدد الاتجاه التلقائي لتطور التوازن $Ag_{(s)} + Fe^{2+}_{(aq)} = Ag_{(aq)} + Fe_{(s)}$ ثابت التوازن

لهذا التفاعل هو $K = 3.2$ عند $298K^\circ$ ، نمرج

في الحالة الابتدائية $1.0 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$ من شوارد

Fe^{2+} و Ag^+ 5.10^{-2} mol في حجم 500mL

2.0.10⁻²mol شوارد Fe^{2+} في

الحل

1/ تحديد اتجاه تطور الجملية: نحسب Q_r :

$$[Fe^{2+}] = n/v = 2.10^{-2} \text{ mol/L} \cdot [Fe^{2+}] = n/v = 2.10^{-2} \text{ mol/L} \cdot [Fe^{2+}] = n/v = 2.10^{-2} \text{ mol/L}$$

$$[Ag^+] = n/v = 5.10^{-2} / 0.5 = 0.1 \text{ mol/L}$$

$$Q_{r,r} = \frac{[Fe^{2+}][Ag^+]}{[Fe^{3+}]} = \frac{(0.1)(4.10^{-2})}{2.10^{-2}} = 0.2$$

ومنه: $Q_{r,r} < K$ التطور التلقائي للتحويل يتم في الاتجاه العكس

2/ انجاز جدول التقدم لدينا: $n_1 = 1.0 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$, $n_2 = 5.10^{-2} \text{ mol}$, $n_3 = 2.10^{-2} \text{ mol}$

3/ تحديد قيمة التقدم عند التوازن:

عند التوازن:

$$Q_{r,eq} = K = \frac{[Fe^{2+}]_{eq}[Ag]_{eq}}{[Fe^{3+}]_{eq}}$$

$$\text{من جدول التقدم: } 3.2 = \frac{(5.10^{-2} + x_{eq})(2.10^{-2} - x_{eq})}{(1.0 \cdot 10^{-2} - x_{eq})^2}$$

$$x_{eq} + 1.67x_{eq} - 1.5 \cdot 10^{-2} = 0$$

حالا المعادلة: $x_{eq1} = 8.9 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ $x_{eq2} = -1.7 \text{ mol}$ ترفض ومنه التقدم: $x_{eq1} = 8.9 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$

4/ المناقشة: ترفض القيمة $x_{eq2} = -1.7 \text{ mol}$ لأن ليس لها معنى.

5/ حساب التراكيز الكيميائية عند التوازن:

$$[Ag^+] = 5.10^{-2} + 8.9 \cdot 10^{-3} / 0.5 = 0.12 \text{ mol/L}$$

$$[Fe^{2+}] = 2.10^{-2} + 8.9 \cdot 10^{-3} / 0.5 = 5.78 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$$

$$[Fe^{3+}] = 1.10^{-2} - 8.9 \cdot 10^{-3} / 0.5 = 0.22 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$$

تمرين 8

يتفاعل حمض الأسكوربيك $C_6H_8O_6$ والذي

نرمز له HA_x وشاردة الأنيونات $CH_2COO_{(aq)}$

من أجل ذلك نمرج 0.10 mol من الحمض مع

0.20 mol من شاردة الأنيونات وحجم المحلول

الناتج هو 1L

الحل

1/ كتابة معادلة التفاعل: $HA_{(aq)} + CH_3COO_{(aq)} = CH_3COOH_{(aq)} + A_{(aq)}$

2/ عبارة كسر التفاعل: $Q_r = \frac{[CH_3COOH][A]}{[CH_3COO][HA]}$

3/ حساب $Q_{r,r}$: في الحالة الابتدائية: $[A] = 0$, $[CH_3COOH] = 0$ ومنه: $Q_{r,r} = 0$

4/ حساب كسر التفاعل لما $x = 0.03 \text{ mol}$

ننجز جدولاً لتقدم التفاعل:

معادلة التفاعل	كميات المادة (mol)	التقدم	ح
$HA_{(aq)} + CH_3COO_{(aq)} = CH_3COOH_{(aq)} + A_{(aq)}$	$n_1 = C_1 \cdot v$	$n_2 = C_2 \cdot v$	D
	$n_1 - x$	$n_2 - x$	x

$$C_1 \cdot v = 0.1 \times 1.0 = 0.1 \text{ mol}$$

$$C_2 \cdot v = 0.2 \times 1.0 = 0.2 \text{ mol}$$

$$Q_r = \frac{(x/v)(x/v)}{(C_1 - x/v)(C_2 - x/v)} = \frac{(0.03)^2}{(0.1 - 0.03 \times 2) \times 0.2} = 7.6 \cdot 10^{-2}$$

تمرين 9

تعتبر التفاعل الحادث بين شاردة الكبريتي $SO_3^{2-}(aq)$ والماء الذي يؤثر كحمض، في البداية $Q_r = 0$
1/ اكتب معادلة التفاعل.

2/ حدد ثابت التوازن. $pK_A(HSO_3^- / SO_3^{2-}) = 7.2$ و $K_e = 1.0 \cdot 10^{-14}$
3/ استنتج جهة تطور الجملة الكيميائية.

الحل

1/ كتابة معادلة التفاعل: $SO_3^{2-}(aq) + H_2O(l) = HSO_3^-(aq) + OH^-(aq)$

2/ تحديد ثابت التوازن: لدينا: $Q_{r,eq} = K = \frac{[HSO_3^-][OH^-]}{[SO_3^{2-}]}$

بضرب البسط والمقام في $[H_3O^+]$ في $\frac{K_e}{K_A} = \frac{[HSO_3^-][OH^-][H_3O^+]}{[SO_3^{2-}][H_3O^+]}$
 $Q_{r,eq} = K = \frac{[HSO_3^-][OH^-][H_3O^+]}{[SO_3^{2-}][H_3O^+]}$

ومنه: $K = \frac{1 \times 10^{-14}}{10^{-7.2}} = 1.6 \times 10^{-7}$

3/ استنتاج جهة التطور التلقائي للجملة: $Q_r < K$ فإن الجملة تتطور تلقائيا في الاتجاه المباشر.

تمرين 10

تعتبر التفاعل الحادث بين شاردة الأمونيوم $NH_4^+(aq)$ ومشاردة الميثانات $HCOO^-(aq)$ تضع في 100 mL من الماء $1.0 \cdot 10^{-2} mol$ من شوارد NH_4^+ و $5.0 \cdot 10^{-2} mol$ من شوارد $HCOO^-$ و $5.0 \cdot 10^{-2} mol$ من NH_3 و $1.0 \cdot 10^{-3} mol$ من $HCOOH$

1/ اكتب معادلة التفاعل.
2/ احسب ثابت التوازن المناسب.
3/ احسب كسر التفاعل الابتدائي للجملة.
4/ حدد جهة التطور الابتدائي للجملة.
5/ اكتب معادلة التفاعل هي المكتوبة في 1 ؟
اشرح كتابة أخرى لمعادلة التفاعل واحسب ثابت التوازن الموافق.

$pK_A(HCOOH/HCOO^-) = 3.8$
 $pK_A(NH_4^+/NH_3) = 9.2$

الحل

1/ كتابة معادلة التفاعل: $NH_4^+(aq) + HCOO^-(aq) = NH_3(aq) + HCOOH(aq)$

2/ حساب ثابت التوازن الموافق:

$K = \frac{[NH_3][HCOOH]}{[NH_4^+][HCOO^-]} = \frac{[NH_3]_{eq}[HCOOH]_{eq}[H_3O^+]_{eq}}{[NH_4^+]_{eq}[HCOO^-]_{eq}[H_3O^+]_{eq}} = \frac{K_{A2}}{K_{A1}} = \frac{10^{-9.2}}{10^{-3.8}} = 10^{-5.4}$

3/ احسب كسر التفاعل $Q_r = \frac{[NH_3][HCOOH]}{[NH_4^+][HCOO^-]} = \frac{(5.0 \cdot 10^{-2} / V)(1.0 \cdot 10^{-3} / V)}{(1.0 \cdot 10^{-2} / V)(5.0 \cdot 10^{-2} / V)} = 1$ ؛ $Q_r = 1$

4/ تحديد جهة التطور الابتدائي للجملة:

لدينا $Q_r > K$ فالجملة ستتطور التلقائي للجملة يتم في الاتجاه الغير مباشر ومنه:

فالمعادلة ليست المكتوبة في 1

ومعادلة التفاعل الحادث هي: $NH_3(aq) + HCOOH(aq) = NH_4^+(aq) + HCOO^-(aq)$

بحيث ثابت التوازن الموافق لها هو: $K' = 1/K = 1/10^{-5.4} = 2.5 \times 10^5$

تمرين 11

لكن معادلة التفاعل: $Fe_{(s)} + Cd_{(aq)}^{2+} = Fe_{(aq)}^{2+} + Cd_{(s)}$

ثابت التوازن المرفق بالتفاعل هو: $K = 20$ وحجم المحلول $V = 50 mL$ الأنواع الصلبة متواجدة بزيادة، ندخل في البداية $0.010 mol$ من شوارد الحديد Fe^{2+} .

1/ احسب كسر التفاعل وحدد جهة تطور الجملة.
2/ اشرح جدولا لتقدم التفاعل واكتب عبارة كسر التفاعل عند التوازن.
3/ احسب تقدم عند التوازن.
4/ احسب تركيز مختلف الأنواع عند التوازن وكذلك التغيرات الحادثة في الكتل.

$M(Fe) = 55.8 g/mol$, $M(Cd) = 112.4 g/mol$

الحل

1/ حساب كسر التفاعل وتحديد جهة التطور:

$Q_r = \frac{[Fe^{2+}][Cd]}{[Cd^{2+}][Fe]}$ ولا يوجد Fe^{2+} وبالتالي فإن Q_r يؤول إلى اللانهاية ($Q_r > K$) أي أن Q_r في الجهة غير مباشرة.

2/ اشرح جدول التقدم وكتابة عبارة نسبة التفاعل

$Q_r = \frac{(0.01 - x_{eq}) / V}{x_{eq} / V} = \frac{0.01 - x_{eq}}{x_{eq}}$

3/ حساب التقدم عند التوازن:

$21x_{eq} = 0.01 \rightarrow x_{eq} = 4.8 \times 10^{-4} mol$ ومنه: $Q_{r,eq} = K \Rightarrow \frac{0.01 - x_{eq}}{x_{eq}} = 20$

4/ حساب تركيز مختلف الأنواع عند التوازن:

$[Cd^{2+}] = \frac{x_{eq}}{V} = \frac{4.8 \cdot 10^{-4}}{0.05} = 9.6 \cdot 10^{-3} mol/L$, $[Fe^{2+}] = \frac{0.01 - x_{eq}}{V} = \frac{0.01 - 4.8 \cdot 10^{-4}}{0.05} = 0.19 mol/L$

$\Delta m(Cd) = (x_{eq})M_{Cd} = -5.35 \times 10^{-3} g$ ومنه: $\Delta m(Fe) = (0.01 - x_{eq})M_{Fe} = 2.7 \cdot 10^{-2} g$

تمرين 12

نضع في كأس بيشر $2.0 \cdot 10^{-2} mol$ من كل من الأنواع التالية حمض لايتانيك CH_3COOH حمض البيرويك C_6H_7COOH إيثانوات الصوديوم CH_3COONa وبنزوات الصوديوم C_6H_5COONa

1/ اكتب المعادلات الموافقة للتثايفين حمض - أساس التي يتدخل فيها حمض الإيثانويك وحمض البيرويك واكتب عبارتي K_{A1}, K_{A2} .

2/ إن معادلة تفاعل حمض - أساس الممكن حدوثها بين الثنائيين تكتب:

3/ احسب Q_r وحدد اتجاه تطور الجملة.

4/ باستعمل جدول التقدم حدد الحالة النهائية للجملة.

5/ أعطى القياس التجريبي لـ pH المحلول القيمة 4.5 هل تتوافق هذه القيمة مع نتائج الحسابية.

$K_{A2}(C_6H_5CO_2H/C_6H_5CO_2^-) = 6.2 \cdot 10^{-5}$, $K_{A1}(CH_3CO_2H/CH_3CO_2^-) = 1.8 \cdot 10^{-5}$

الحل

كتابة المعادلتين الموائجتين: $(CH_3CO_2H)_{aq} + H_2O_{(l)} = CH_3CO_2^-_{aq} + H_3O^+_{aq}$
 $(C_6H_5CO_2H)_{aq} + H_2O_{(l)} = C_6H_5CO_2^-_{aq} + H_3O^+_{aq}$
 عند التوازن: $K_{A1} = \frac{[CH_3CO_2^-][H_3O^+]}{[CH_3CO_2H]}$ و $K_{A2} = \frac{[C_6H_5CO_2^-][H_3O^+]}{[C_6H_5CO_2H]}$
 حساب ثابت التوازن لهذا التفاعل:

$$K = \frac{[C_6H_5CO_2^-][CH_3CO_2H]}{[C_6H_5CO_2H][CH_3CO_2^-]} = \frac{K_{A2}}{K_{A1}} = \frac{6.2 \times 10^{-6}}{1.8 \times 10^{-5}} = 3.4$$

حساب كسر التفاعل الابتدائي: $Q_{r,i} = \frac{[C_6H_5CO_2^-][CH_3CO_2H]}{[C_6H_5CO_2H][CH_3CO_2^-]}$

$$Q_{r,i} = \frac{(n_3/V_3)(n_4/V_4)}{(n_1/V_1)(n_2/V_2)} = 1$$

$Q_{r,i} < K$ فالإتجاه التلقائي لتطور الجملة هو الإتجاه المباشر.

الاحتاج جدول التقدم وتحديد التركيب النهائي للجملة بحيث: $n = 2.0 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$

معدلة	$C_6H_5CO_2H_{(aq)} + CH_3CO_2^-_{aq} = C_6H_5CO_2^-_{aq} + CH_3CO_2H_{(aq)}$			
كميات المادة (mol)				
ع				
ب	0	n	n	n
ج	x _{eq}	n-x _{eq}	n-x _{eq}	n+x _{eq}

تركيب الجملة في الحالة النهائية عند التوازن:

$$Q_{r,eq} = K = \frac{(2.10^{-2} + x_{eq})^2 / V}{(2.10^{-2} - x_{eq})^2 / V} = 3.4 \Rightarrow x_{eq} = 0.61 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

الأنواع	$C_6H_5CO_2H_{aq}$	$CH_3CO_2^-_{aq}$	$C_6H_5CO_2^-_{aq}$	$CH_3CO_2H_{aq}$	$Na_2O_{(aq)}$
ا	2.0×10^{-2}	2.0×10^{-2}	2.0×10^{-2}	2.0×10^{-2}	4×10^{-2}
ب	1.4×10^{-2}	1.4×10^{-2}	2.6×10^{-2}	2.6×10^{-2}	4×10^{-2}

حساب قيمة الـ pH عند التوازن:

$$K_{A1} = \frac{[CH_3CO_2^-][H_3O^+]}{[CH_3CO_2H]} \Rightarrow [H_3O^+]_{eq} = \frac{K_{A1}[CH_3CO_2H]_{eq}}{[CH_3CO_2^-]_{eq}} = \frac{1.8 \cdot 10^{-5} \times 2.6 \cdot 10^{-2}}{1.4 \cdot 10^{-2}} = 3.3 \cdot 10^{-6} \text{ mol/L}$$

$$pH = -\log[H_3O^+]_{eq} = 4.48 \approx 4.5$$

في التاليس التجريبي للـ pH يتوافق مع القيمة الحسابية.

13.3

من 0.01mol من $C_6H_5-NH_2$ أمين في 100mL من الماء المقطر.

الأنواع الكيميائي هو أساس يؤثر في الماء.

المحلول الناتج حمضي أم أساسي ؟

كتب معادلة تفاعل حمض أساس المولقة وحدد ثابت التوازن K.

ج/ حدد تراكيز الأنواع المتواجدة و pH المحلول. يعطى: $pK_a = 14$
 $pK_a(C_6H_5-NH_2) = 10.7$
 2/ نضيف 0.01mol من الصود (NaOH) إلى المحلول.
 ب/ في أي جهة تتطور الجملة؟
 ج/ عند التوازن يكون pH المحلول مساويا لـ 13.0 ماذا نستنتج بالنسبة للأنواع المتواجدة عند التوازن؟

الحل

ا/ المحلول الناتج أساسي لأن الإيثان أمين أساس ويكون pH المحلول أكبر من 7.

ب/ كتابة معادلة التفاعل: $C_6H_5-NH_2 + H_2O_{(l)} = C_6H_5-NH_3^+ + HO^-_{aq}$

$$K = \frac{[C_6H_5-NH_3^+][HO^-]}{[C_6H_5-NH_2]} \Rightarrow [H_3O^+] = K \cdot [C_6H_5-NH_2] / [C_6H_5-NH_3^+]$$

$$K = \frac{[C_6H_5-NH_3^+][HO^-]}{[C_6H_5-NH_2]} = \frac{K_a}{K_b}$$

$$K = K_a / K_b = 10^{-14} / 10^{-10.7} = 5.10^{-4} \quad \text{و} \quad K_{eq} = K = \frac{[C_6H_5-NH_3^+][HO^-]}{[C_6H_5-NH_2]}$$

ج/ تحديد تراكيز الأنواع الكيميائية المتواجدة في المحلول و قياس الـ pH له:

من أجل ذلك نخرج جدولاً لتقدم التفاعل: لدينا $n = 1.0 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$

معدلة التفاعل	$C_6H_5-NH_2 + H_2O_{(l)} = C_6H_5-NH_3^+ + HO^-_{aq}$			
كميات المادة (mol)				
ع				
ا	0	n	n	0
ب	x _{eq}	n-x _{eq}	n-x _{eq}	x _{eq}

$$Q_{r,i} = \frac{(x_{eq})^2 / V^2}{(0.01-x_{eq}) / V} = \frac{(x_{eq})^2}{(0.01-x_{eq})V} \Rightarrow Q_{r,i} = K = \frac{[C_6H_5-NH_3^+][HO^-]}{[C_6H_5-NH_2]}$$

$$Q_{r,i} = \frac{(x_{eq})^2}{(0.01-x_{eq}) \cdot 0.1} = 5.10^{-4} \Rightarrow x_{eq} = 7.1 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

$$[C_6H_5-NH_2] = (0.01 - 7.1 \cdot 10^{-4}) / 0.1 = 9.3 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$$

$$[C_6H_5-NH_3^+] = 7.1 \cdot 10^{-4} / 0.1 = 7.1 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L} \quad [HO^-] = 7.1 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$$

$$[H_3O^+] = K_a / [HO^-] = 10^{-14} / 7.1 \cdot 10^{-3} = 1.4 \cdot 10^{-12} \text{ mol/L}$$

$$pH = -\log 1.4 \cdot 10^{-12} = 11.85$$

$$Q_{r,i} = \frac{[C_6H_5-NH_3^+][HO^-]}{[C_6H_5-NH_2]} \Rightarrow Q_{r,i} > K$$

إن زيادة HO^- يؤدي إلى زيادة $Q_{r,i}$ والذي يجعل $Q_{r,i} > K$ والتطور التلقائي يتم في الإتجاه العكسي وهذا يؤدي إلى تناقص كل من المتعین $C_6H_5-NH_2$ و HO^-

ب/ نخرج جدولاً لتقدم التفاعل: $n = 9.3 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$, $n = 7.1 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$

عند التوازن: $pH = 13$

ومنه:

$$[H_3O^+] = 10^{-13} \text{ mol/L}$$

معدلة التفاعل	$C_6H_5-NH_2 + H_2O_{(l)} = C_6H_5-NH_3^+ + HO^-_{aq}$			
كميات المادة (mol)				
ع				
ا	0	$9.3 \cdot 10^{-3}$	$7.1 \cdot 10^{-4}$	$0.01 + 7.1 \cdot 10^{-4}$
ب	x _{eq}	$9.3 \cdot 10^{-3} - x_{eq}$	$7.1 \cdot 10^{-4} + x_{eq}$	$0.01 + 7.1 \cdot 10^{-4} - x_{eq}$

مركب: $[10^{-1} \text{ mol/L}] \text{HO}$ وكمية مادة HO هي: 0.01 mol و
 $7.1 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$ و $x_{\text{H}_2\text{O}} = 0 \rightarrow x_{\text{H}_2\text{O}} = 7.1 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$
 $n(\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2) = 0.01 \text{ mol}$ بينما $\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2$ يبقى على شكل آثار قليلة جدا.

14 بن

- ب. أي جهة تتطور الجملة ؟
 3 - a. أنجز جدولاً لتطور الجملة واستنتج التقدم النهائي.
 ب. احسب كتلة الكاديوم والحديد عند التوازن.
 4 - نصفين إلى الجملة السابقة في حالة التوازن أحد الأنواع التالية :
 ا. بعض بلورات كبريتات الكاديوم.
 ب. بعض بلورات كبريتات الحديد.
 ج. قليلاً من يرادة الحديد.
 كيف تتطور كل جملة في كل حالة ؟
 علل: $M(\text{Fe}) = 56 \text{ g/mol}$, $M(\text{Cd}) = 112 \text{ g/mol}$

حساب كمية مادة كل نوع كيميائي:
 $n(\text{Fe}^{2+}) = c \cdot v = 0.10 / (10 \cdot 10^{-3}) = 1.0 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$
 $n(\text{Fe}) = m \cdot M = 0.28 / 56 = 5 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$
 $n(\text{Cd}^{2+}) = c \cdot v = 0.10 \cdot 10 \cdot 10^{-3} = 1.0 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$
 $n(\text{Cd}) = m \cdot M = 0.56 / 112 = 5.0 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$
 الف. العبارة الحرفية لكسر التفاعل وحساب قيمته الابتدائية: من معادلة التفاعل:

$$Q_{r,r} = \frac{[\text{Fe}^{2+}]}{[\text{Cd}^{2+}]} = \frac{n(\text{Fe}^{2+})/v}{n(\text{Cd}^{2+})/v} = \frac{n(\text{Fe}^{2+})}{n(\text{Cd}^{2+})}$$

$$Q_{r,eq} = K = \frac{[\text{Fe}^{2+}]_{eq}}{[\text{Cd}^{2+}]_{eq}} = \frac{5.0 \cdot 10^{-3}}{1.0 \cdot 10^{-2}} = 0.5$$

ب. من الحالة النهائية لكميات المادة بالجدول:
 حساب كتل المواد الصلبة:
 $m(\text{Cd}) = n \cdot M = 5.9 \cdot 10^{-3} \cdot 112 = 0.66 \text{ g}$, $m(\text{Fe}) = n \cdot M = 4.1 \cdot 10^{-2} \cdot 56 = 2.3 \text{ g}$
 7/ إن زيادة Cd^{2+} يؤدي إلى نقصان Q_r وبالتالي $Q_r < K$ والتطور التلقائي يكون في الاتجاه المباشر زيادة Fe^{2+} يؤدي إلى زيادة Q_r وبالتالي $Q_r > K$ والتطور التلقائي يكون في الاتجاه العكسي.
 زيادة يرادة الحديد لايعبر من قيمة Q_r وبالتالي الجملة تبقى في حالة توازن.

15 تمرين

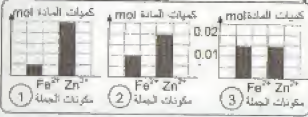
تحتوي جملة على شوارد الحديد $\text{Fe}^{2+}, \text{Fe}^{3+}$ و شوارد السيريوم $\text{Ce}^{4+}, \text{Ce}^{3+}$ هذه الجملة يمكن أن تكون مغرا لتفاعل معادلته:
 $\text{Fe}_{(aq)}^{2+} + \text{Ce}_{(aq)}^{4+} = \text{Fe}_{(aq)}^{3+} + \text{Ce}_{(aq)}^{3+}$
 تركيب الجملة الابتدائي:
 ا/ أكتب العبارة الحرفية لنسبة التفاعل.
 2/ احسب كسر التفاعل في الحالة الابتدائية.
 ب/ أثناء تطور الجملة حيث $[\text{Fe}^{2+}] = 0.06 \text{ mol/L}$

الحل
 1/ كتابة العبارة الحرفية لكسر التفاعل:
 $Q_r = \frac{[\text{Fe}_{(aq)}^{3+}][\text{Ce}_{(aq)}^{3+}]}{[\text{Fe}_{(aq)}^{2+}][\text{Ce}_{(aq)}^{4+}]}$
 2 - a/ احسب قيمة Q_r : $Q_r = \frac{(0.01)(0.2)}{(0.10)(0.05)} = 0.40$
 ب/ تعبير جدول تقدم التفاعل التالي: حيث:
 $n_1 = 0.1 \text{ v}$, $n_2 = 0.05 \text{ v}$, $n_3 = 0.01 \text{ v}$, $n_4 = 0.2 \text{ v}$
 إن كمية الحديد (II) المتبقى هو 0.06 mol
 وكمية الحديد الابتدائي هو 0.1 v إن حدث نقصان للحديد الثاني وبالتالي فانحول يتم في الاتجاه المباشر $Q_r = 20$
 $Q_r = \frac{(0.09 \text{ v})(0.24 \text{ v})}{(0.06 \text{ v})(0.01 \text{ v})}$

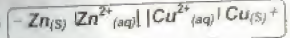
المعادلة		$Fe_{aq}^{2+} + Ce_{aq}^{4+} = Fe_{aq}^{3+} + Ce_{aq}^{3+}$			
تقدم	تقدم	كميات المادة بـ mol			
1	0	n_1	n_2	n_3	n_4
أ	x	n_1-x	n_2-x	n_3+x	n_4+x
ج	0.04v	0.06v	0.01v	0.05v	0.24v

16 تمرين

يمكن أن نمذج تحولا كيميائيا بالمعادلة: $\text{Fe}_{(aq)}^{2+} + \text{Zn}_{(s)} = \text{Zn}_{(aq)}^{2+} + \text{Fe}_{(s)}$
 والتي ثابت توازنها $K = 1.4 \cdot 10^{11}$ من أجل دراسة هذا التحول الذي تدخل فيه الأنواع الكيميائية: $\text{Fe}_{(aq)}^{2+}, \text{Zn}_{(aq)}^{2+}, \text{Fe}_{(s)}, \text{Zn}_{(s)}$
 نوفر محلولاً مائياً لكبريتات الحديد S_2 يحتوي شوارد $\text{Fe}^{2+}_{(aq)}$ تركيزها: $1.0 \cdot 10^{-1} \text{ mol/L}$ وسحلولاً مائياً لكبريتات الزنك $\text{Zn}_{(aq)}^{2+}$ تركيزها: $1.0 \cdot 10^{-1} \text{ mol/L}$ مع 200 mL من المحلول S_2 و 5.58 g من الحديد و 6.54 g من الزنك. إن التحول الكيميائي الذي يتم في هذه الجملة يمكن أن يندمج بالمعادلة (1)
 ا/ أكتب المعادلتين النصفيتين والالكترون ونيتن التي تؤدي إلى هذه المعادلة.
 2/ حدد كميات شوارد $\text{Fe}^{2+}_{(aq)}$ و شوارد $\text{Zn}^{2+}_{(aq)}$ المتبقيتين في الحالة الابتدائية.
 أن الجملة الكيميائية الفاتحة تتطور تلقائياً، يسمح تحليل للجملة بالحصول على المخططات البانية التي تعطي تركيزي شوارد الحديد و شوارد الزنك من أجل الحالات المختلفة للجملة، المخططات الممثلة في الأشكال من 1 إلى 3 بناسب كل منها حالة الجملة أثناء تطورها.
 3/ احسب كسر التفاعل المعرف بـ Q_r في الحالة الابتدائية، ماهو المخطط البياني المعمل لهذه الحالة ؟ علل.
 4/ أعط نص معيار التطور التلقائي للجملة كيميائية ثم أعط جهة التطور التلقائي لهذه الجملة.



التشغيل الاصطلاحي : يوضع القطب السالب على الهامز والقطب الموجب على اليمين.



تتقال الألكترونات تلقائيا بشكل غير مباشر في العمود.

3. أمثلة أهراب الكهرابية للعمود

- 1 - قطبا عمود: العمود هو موك كهروكيميائي للهار المستمر، نحدد قطبيه عن طريق جهاز فولط - متر الذي يوصل قطبيه مباشرة بقطبي العمود، فإذا كانت إشاره الفولط - متر موجبة فإن القطب الموجب للعمود + هو الموصول بالقطب V تفولط متر وإذا كانت إشاره الفولط - متر سالبة فإن القطب السالب للعمود - هو الموصول بالقطب V للفولط - متر.
- السبيل هو المسرى الذي يحدث عنده الأرجاع ويمثل القطب الموجب للعمود.
- المعصب هو المسرى الذي تحدث عنده الأكسدة ويمثل القطب السالب للعمود.
- 2 - القوة المحركة الكهرابية للعمود:

مثال القيمة المطلقة للتوتر المقاس بين قطبي العمود عندما لا يجري تيارا .
رمز القوة المحركة الكهرابية (fem) بـ E.

تتوقف القوة المحركة الكهرابية على شتيبي الأكسدة الإرجاعية المتصلة و تراكيز المحاليل الشارديية. تتناقص القوة المحركة الكهرابية للعمود تدريجيا أثناء تشغيله.

النظير التلقائي للعمود

نعتبر عمودا مقرا لتفاعل أكسدة إرجاع ثابت توازنه K، بمعادلة التفاعل الحادث في العمود نسمي هريف كسر التفاعل Q. يشتغل العمود طالما كان : $Q < K$.
بشكل العمود في حالة اشتغاله جملة كيميائية خارج التوازن، تتطور نحو حالة التوازن وقيمة K من التفاعل تتحول إلى قيمة ثابت التوازن المرفق بمعادلة تفاعل اشتغال العمود .

ال: في عمود دانيال: $K = 1.8 \times 10^{42}$ ، $Q_r = \frac{[\text{Zn}^{2+}]}{[\text{Cu}^{2+}]}$ ، $Q_r < K$ يمكن للتفاعل أن يتم ومن

ذلك يجب أن تكون الدارة مغلقة. فعندما يجري للعمود تيارا كهرابيا تولد شوارد الزنك مطلقا شوارد النحاس فيزداد Q_r تدريجيا حتى يبلغ قيمة K ، فعندئذ لا تتغير التراكيز فيتوقف تيار الألكترونات في الدارة الخارجية للعمود ، فنقول أن العمود استهلك (استعمل).
مؤد عند التوازن هو عمود مستهلك لا يجري تيارا كهرابيا. $K = Q_r$ و $i_{eq} = 0$

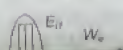
كثية الكهراب التي جرها عمود (سعة العمود)

قوة الكهراب التي جرها عمود أثناء اشتغاله خلال مدة زمنية Δt والذي يعطي تيارا شدته I ثابتة هي: $Q = I \Delta t$ لاسر (A) لاسر (C) كير (C)

ف في دراسة التفاعلات الكهروكيميائية : الفرداي: الذي يمثل وحدة الشحنت على المستوى العناني ويرمز له بـ F وهو القيمة المطلقة لشحنة 1 mol من الشحنات العنصرية.

$$F = N_A |e| = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$$

مادة الألكترونات في دارة العمود التي يمر فيها تيار شحنة ثابتة I خلال مدة زمنية Δt هي: $Q = n_e F$ و $n_e = \frac{Q}{F}$



نمازين

تمرين 1

حاملات الشحنة في العمود هي:

- (a) الألكترونات في كل نقطة من دارة.
- (b) الشوارد في النواقل المعدنية.
- (c) الألكترونات في النواقل المعدنية والشوارد في المحاليل.

الحل: c. ← صحيح

تمرين 2

عندما يستهلك عمود:

- (a) جميع الشوارد ف استهلك.
- (b) لا يمر أي تيار في الدارة الخارجية.
- (c) لا يحدث أي تفاعل كيميائي عند السورين.
- (d) الجملة الكيميائية في حالة توازن.
- (e) الجملة الكيميائية خارج التوازن.

الحل: a, b, c, d ← صحيحة

تمرين 3

توجد أكسدة عندما تشتغل العمود:

- (a) عند القطب السالب .
- (b) عند القطب الموجب
- (c) في المحلول الكهرليتي

الحل: a, b. عند القطب السالب

تمرين 4

الأرجاع في عمود هو تحول يحدث خلاله :

- (a) فقدان الألكترونات .
- (b) اكتساب الألكترونات.
- (c) ترسب معدن .

الحل: a, b. ← صحيحان

تمرين 5

في العمود: $-\text{Mg} | \text{Mg}^{2+} || \text{Cu}^{2+} | \text{Cu} +$

الحل: المسرى الذي تتناقص كتلته هو القطب السالب لأن الأكسدة تحدث عنده.

تمرين 6

ما هو الدور الذي يلعبه الجسر الملحي؟ فسر.

الحل : يضمن مرور التيار في الدارة عن طريق الشوارد.

تمرين 7

أختر الإجابة أو الإجابات الصحيحة:

- (a) $Q = K$.
- (b) يحدث تفاعل حمض أساس.
- (c) يحدث تفاعل أكسدة إرجاعية.
- (d) يمر تيار في الدارة .

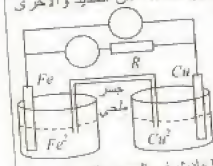
الحل: a, b, c, d. ← صحيحان

تمرين 8

نعتبر صفيحة من الزنك في عمود دانيال في محلول كبريتات الزنك ونعتبر صفيحة النحاس في محلول كبريتات النحاس ويوصل المحلولان بحاجز خزفي مسامي . ما هو الاتجاه الصحيح من بين الإجابات التالية .

- (a) ينتقل تركيز شوارد الزنك.
- (b) تعملي شوارد الكبريتات عند القطب الموجب غار تالبي الأكسجين.
- (c) ترسب ذرات النحاس عند القطب الموجب.

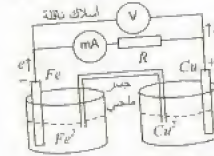
وتكونه التالية تمثل عمودا في حالة الشغل وهو يتكون من صفيحتين احدهما من الحديد والآخرى من النحاس مغمورتين على الترتيب في محلول كبريتات الحديد 1.0 mol/L .



صنع على الشكل الكميات التالية في الموضع المناسب :
 ا. هناك نافذة، - جسر ملحي، - فولطمتر، - ملي أمبير متر.
 ب. جهة حركة الالكترونات وجهة التيار.
 ج. كتابة المعادلتين الحادثتين عند المبرين.
 د. استنتاج معادلة الاستغلال

اذا كان ثابت توازن هذه المعادلة: $K = 2 \cdot 10^{26}$ بين أن التحول الحادث في العمود تلقائي.

ب. الشكل



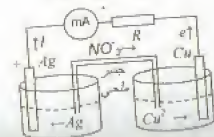
عند المهبط : $\text{Fe}^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow \text{Fe}_{(s)}$
 عند المصعد : $\text{Cu}^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow \text{Cu}_{(s)}$
 $\text{Fe}_{(s)} + \text{Cu}^{2+}_{(aq)} \rightarrow \text{Fe}^{2+}_{(aq)} + \text{Cu}_{(s)}$
 ب. امل تحديد ما إذا كان التحول تلقائيا :
 ج. كسر التفاعل الابتدائية ونقارنها بثابت التوازن

التطور : $Q_r = \frac{[\text{Fe}^{2+}]}{[\text{Cu}^{2+}]} = 1, K = 2 \times 10^{26} > Q_r$ فان التطور يكون تلقائيا

لجنة عمود يتكون من كاسي بيشر يحتوي الأول محلول نترات النحاس $\text{Cu}^{2+}_{(aq)} + \text{NO}^{3-}_{(aq)}$ $C = 1.0 \text{ mol/L}$ غمرت فيه صفيحة من النحاس والآخر يحتوي محلول نترات الحديد $\text{Fe}^{2+}_{(aq)} + \text{NO}^{3-}_{(aq)}$ $C = 0.01 \text{ mol/L}$ غمرت فيه صفيحة من الحديد وموصولين مع بعضهما البعض بجهد كهربائي في ناقل أومي.

ب. كسر التفاعل المرفوق بالمعادلة :
 ج. ثابت التوازن في الحالة الابتدائية Q_r
 د. كسر التفاعل في الحالة الابتدائية Q_r
 هـ. استنتاج المعادلتين الحادثتين عند المبرين.
 و. رسم شكل للعمود موضعا جهة حركة حاملات الشحنة وجهة التيار.
 ز. التمثيل الاصطلاحي للعمود.

ب. كسر التفاعل الابتدائي $Q_r = \frac{1}{(0.01)^2} = 10^4 > Q_r$ فان الجملة تتطور في الاتجاه المباشر



ب. كسر التفاعل الابتدائي $Q_r = \frac{1}{(0.01)^2} = 10^4 > Q_r$ فان الجملة تتطور في الاتجاه المباشر
 ج. استنتاج المعادلتين عند المبرين
 د. رسم شكل للعمود موضعا جهة حركة حاملات الشحنة وجهة التيار.
 هـ. التمثيل الاصطلاحي للعمود

تمرين 11

تعتبر عمودا من الرصاص والفضة الذي تدخل فيه التآكلين : $\text{Pb}^{2+}/\text{Pb}_{(s)}$ و $\text{Ag}^+/\text{Ag}_{(aq)}$ يحتوي كل نصف عمود على 100 mL محلول الكاتيون المعدني تركيزه $C_0 = 0.1 \text{ mol/L}$ المعطيات : $1F = 96500 \text{ C/mol}$, $K = 3.10^{12}$ معادلة التفاعل : $2\text{Ag}_{(aq)} + \text{Pb}_{(s)} \rightarrow \text{Pb}_{(aq)} + 2\text{Ag}_{(s)}$ امل : $2\text{Ag}_{(aq)} + \text{Pb}_{(s)} \rightarrow \text{Pb}_{(aq)} + 2\text{Ag}_{(s)}$

3/ ا. جهة التطور التلقائي : لخصب كسر التفاعل Q_r ونقارنه بـ K :
 ب. كتابة المعادلتين التصفيتين : $\text{Pb}_{(s)} \rightarrow \text{Pb}^{2+}_{(aq)} + 2e^-$ و $2\text{Ag}^+_{(aq)} + 2e^- \rightarrow 2\text{Ag}_{(s)}$
 ج. التمثيل الاصطلاحي للعمود : $(-)\text{Pb}|\text{Pb}^{2+}||\text{Ag}^+|\text{Ag}(+)$
 د. يتبقى التفاعل لما : $Q = K'$ حيث : $K' = 1/K$
 هـ. امل حساب سعة العمود نخرج جدولاً للتقدم :
 و : $n(\text{Pb}^{2+}) = C_0 V = 10^{-1} \cdot 10^{-1} = 10^{-2} \text{ mol}$, $n(\text{Ag}^+) = C_0 V = 10^{-1} \cdot 10^{-1} = 10^{-2} \text{ mol}$
 ز : $K' = 1/K = 3.3 \cdot 10^{11}$, $Q_r = [\text{Pb}^{2+}]/[\text{Ag}^+]^2$

$Q_r = \frac{n_{\text{Pb}^{2+}}}{n_{\text{Ag}^+}^2} = \frac{(10^{-2} + x_m)}{(10^{-2} - 2x_m)^2}$
 بما أن K' كبير جدا فإن التفاعل يتم عند استهلاك كل شوارد الفضة أي $x_{\text{max}} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ و تكون كمية الاكثروقات الموافقة للتقدم الاعظمي والتي مرت في الدارة هي $n_e = 2x_{\text{max}} = 2 \times 5 \cdot 10^{-3} = 10^{-2} \text{ mol}$

وتكون كمية الكهرباء الموافقة لسعة العمود هي : $q = n_e \cdot F = 10^{-2} \times 96500 = 965 \text{ C}$
 4. كمية الكهرباء التي يجريها العمود خلال مدة التشغيل : $q = It = 14.6 \times 10^{-3} \times 96500 = 1415 \text{ C}$
 والتي توافقها كمية الاكثروقات : $n_e = q/F = 4.9 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$

ومن جدول التقدم : $n_e = 4.9 \cdot 10^{-3} = 2.45 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$
 ويكون تركيزي Pb^{2+} , Ag^+ في الحالة النهائية هو :
 $[\text{Ag}^+] = \frac{10^{-2} - 2.45 \cdot 10^{-3}}{100 \cdot 10^{-3}} = 5.1 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$
 $[\text{Pb}^{2+}] = \frac{10^{-2} + 2.45 \cdot 10^{-3}}{100 \cdot 10^{-3}} = 12.4 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$

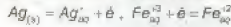
يزيد تركيز شوارد الرصاص ويقل تركيز شوارد الفضة أثناء التشغيل.

تمرين 12

التمثيل الاصطلاحي للعمود هو : $(-)\text{Ni}|\text{Ni}^{2+}||\text{Ag}^+|\text{Ag}(+)$ وكمية الكهرباء المعطى التي يجريها العمود هي : $q_{\text{max}} = 4825 \text{ C}$
 1. استنتاج المعادلة المرفقة بالتحول الحادث في العمود.
 2. احسب تغير الكتلة عند المبرين عندما يكون العمود قد شغل 10

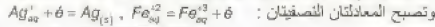
$$Q_{r,i} = \frac{[Fe^{3+}]}{[Ag^+][Fe^{2+}]} = \frac{10^{-1}}{10^{-1} \cdot 10^{-1}} = 10$$

2. بما أن $Q_{r,i} > K$ فالتطور التلقائي للعمود يتم في الاتجاه العكسي. إذن الفأضة هي التي ترجع شوارد الجهد الثاني وبالتالي فأضة تحدث لها أكسدة فهي تلعب دور قطب سالب وبالتالي سلك البلاتين يلعب دور قطب موجب والذي يحدث عنده أرجاع .



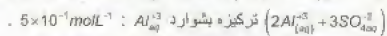
$$Q_{r,i} = \frac{[Fe^{3+}]}{[Ag^+][Fe^{2+}]} = \frac{10^{-2}}{10^{-1} \cdot 10^{-1}} = 1$$

4. حساب $Q_{r,i}$ في هذه الحالة: $Q_{r,i} < K$ في هذه الحالة فالتطور التلقائي للتفاعل يتم في الاتجاه المباشر وتغير اتجاه أقطاب العمود فيصبح القطب الموجب هو صفيحة الفضة والقطب السالب صفيحة البلاتين.



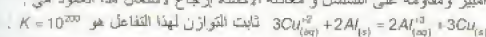
تمرين 15 :

يتكون عمود من نصفي عمود موصولين بواسطة جسر ملحي ، نصف العمود الأول من صفيحة من الألمنيوم كتلتها $m_1 = 1g$ مغمورة في 50ml من محلول كبريتات الألمنيوم



يتكون نصف العمود الثاني من صفيحة من النحاس كتلتها $m_2 = 8.9g$ مغمورة في 50ml من محلول كبريتات النحاس

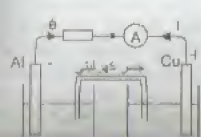
($Cu_{(aq)}^{2+} + SO_4^{2-}$) تركيزه $5.0 \times 10^{-1} mol \cdot l^{-1}$ فريط (نصل) هذا العمود بقياس أمبير ومقاومة على التسلسل ومعادلة الأكسدة أرجاع لاستغلال هذا العمود هي :



- 1 - أرس شكل لمكونات هذا العمود مع التسمية .
- 2 - ما دور الجسر الملحي ؟ كيف تحققة ؟
- 3 - يثير بقياس الأمبير إلى مرور التيار من صفيحة النحاس إلى صفيحة الألمنيوم خارج العمود ، حدد مع التعليل قطبي العمود ، أكمل الشكل لتحديد قطبية العمود .
- 4 - اكتب المعادلات الحادثة عند كل مسرى ثم معادلة الأكسدة أرجاع للعمود .
- 5 - احسب كسر التفاعل الابتدائي لهذا التفاعل الحادث في العمود ، الاستنتاج .
- 6 - احسب كميات المادة الابتدائية لمفاعلات معادلة التفاعل و احسب التقدم الأعظمي .
- 7 - احسب كمية الكهرباء العظمى التي يجريها العمود .

الحل

1. رسم شكل توضيحي للعمود :
2. بضمن الجسر الملحي الربط الكهربائي بين نصفي عمود دون امتزاج مكوناتها ، لتحقيق بورة ترشيح مثالية بحلول مشبع من نترات البوتاسيوم .
3. الصفيحة التي يخرج منها التيار (Cu) تلعب دور قطب موجب ويحدث عندها أكسدة $Cu_{(s)} = Cu_{(aq)}^{2+} + 2e^-$



$$M_{Ag} = 108g/mol , M_{Fe} = 58.7g/mol , 1F = 96500C/mol$$

الحل

1. كتابة معادلة التحول الحادث في العمود :
عند المصدر : $1 \times Ni_{(s)} = Ni_{(aq)}^{2+} + 2e^-$
عند المصعد : $2 \times Ag_{(s)} = 2Ag_{(aq)}^+ + 2e^-$
وبالجمع : $Ni_{(s)} + 2Ag_{(aq)}^+ = Ni_{(aq)}^{2+} + 2Ag_{(s)}$

2. حساب تغير الكتلة عند المسريين :

$$n(e^-) = \frac{q}{F} = \frac{4825}{96500} = 5.10^{-2} mol$$

كمية مادة الإلكترونات المتبادلة عندما يكون العمود مستهلكا : $5.10^{-2} mol$

يوافق 1 مول من الإلكترونات 1 مول من الفضة ونصف مول من النيكل وتكون كتلة الفضة المترسبة هي : $m_{Ag} = n \cdot M_{Ag} = 5.10^{-2} \times 108 = 5.9g$

وكتلة النيكل المتفاعلة (تقص كتلة مسرى النيكل) $m_{Ni} = n \cdot M_{Ni} / 2 = 5.10^{-2} \times 58.7 / 2 = 1.5g$

$$I = \frac{\Delta t}{\Delta t} = \frac{4825}{2.3600 + 10.60} = 0.62A$$

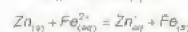
تمرين 13

- تحقق عمودا حديد / زنك وتحدد بواسطة أمبير - متر موصول على التسلسل مع ناقل أومي أن
1. أعط التمثيل الاصطلاحي لهذا العمود .
 2. حدد جهة انتقال حاملات الشحنة في العمود .
 3. اكتب معادلة تفاعل أكسدة أرجاع للعمود .

الحل

1. التمثيل الاصطلاحي للعمود : $(-)Zn_{(s)} | Zn_{(aq)}^{2+} || Fe_{(aq)}^{2+} | Fe_{(s)} (+)$
2. تنتقل الإلكترونات في الدارة الخارجية من مسرى الزنك إلى مسرى الحديد عبر الأسلاك وتدخل العمود فتنتقل الشوارد الموجبة في جهة التيار ، أما الشوارد السالبة فتنتقل عكس جهة التيار .
3. كتابة معادلة تفاعل أكسدة أرجاع للعمود : عند القطب السالب : $Zn_{(s)} = Zn_{(aq)}^{2+} + 2e^-$

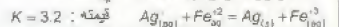
عند القطب الموجب : $Fe_{(s)}^{2+} + 2e^- = Fe_{(s)}$



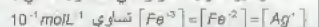
تمرين 14 :

تحقق عمودا بواسطة الثنائيين $Ag_{(s)}^+ / Ag_{(s)}$, $Fe_{(aq)}^{2+} / Fe_{(s)}$

ثابت التوازن المرفق بهذا التفاعل الذي معادلته

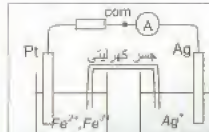


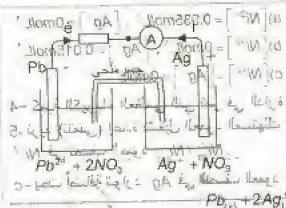
1 - التراكيز المولية للشوارد في المحلول المائي :



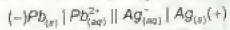
احسب كسر التفاعل في الحالة الابتدائية .

- 2 - استنتج جهة التطور التلقائي لهذا التحول عند اشتغال العمود .
- 3 - حدد قطبية كل مسرى ، على ذلك انطلاقا من المعادلتين التصفيتين
- 4 - اكتب عمودا دائما بتغير الشروط الابتدائية للحملة ، حيث تراكمها الابتدائية كالتالي :

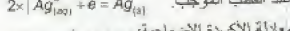
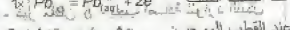
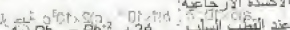




شكل توضيحي للعمود وتمثيله الاصطلاحي:



2. كتابة المعادلات الحادثة عند المسارين ثم معادلة الأكسدة والاختزال:



3. حساب كسر التفاعل وتحديد جهة التطور التلقائي للعمود:

$$Q_{eq} = \frac{[Pb^{2+}]}{[Ag^{+}]^2} = \frac{(0.1)}{(5.10^{-2})^2} = 40$$

$$Q_{eq} < K \Rightarrow \text{التطور التلقائي للعمود من اليمين إلى اليسار}$$

4. كمية الكهرباء المارة في الدارة:

$$q = I \cdot \Delta t = 0.13600 \times 3600 = 49000 \text{ C}$$

5. حساب التركيز في الكاثود بعد ساعة:

$$n = \frac{q}{F} = \frac{49000}{96500} = 0.508 \text{ mol}$$

وهي توافق كمية الفضة المترسبة ويكون عند تركيز الفضة هو:

$$[Ag^{+}] = \frac{n}{V} = \frac{0.508}{0.2} = 2.54 \text{ mol/L}$$

وتكون كمية الرصاص المتشردة:

$$n(Pb^{2+}) = n(Ag^{+})/2 = 1.85 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

وتركيزها:

$$[Pb^{2+}] = \frac{n(Pb^{2+})}{V} = \frac{1.85 \cdot 10^{-2}}{0.2} = 0.0925 \text{ mol/L}$$

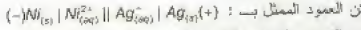
6. كتلة المعدن المستهلك وكتلة الناتج:

$$m_{Ag} = n_{Ag} \cdot M_{Ag} = 3.7 \cdot 10^{-3} \times 107.9 = 0.40 \text{ g}$$

$$m_{Pb} = n_{Pb} \cdot M_{Pb} = 1.85 \cdot 10^{-3} \times 207.2 = 0.38 \text{ g}$$

تمرين 17: QCM

اختر الإجابة أو الإجابات الصحيحة



ثابت التوازن المرفق بالتفاعل الذي معادلته:

$$K = 1.2 \cdot 10^{30} \text{ هو } Ni^{2+} + 2Ag_{(s)} \rightleftharpoons 2Ag^{+}_{(aq)} + Ni_{(s)}$$

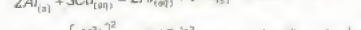
التركيزان الابتدائيان هما: $[Ni^{2+}] = 10^{-2} \text{ mol/L}$, $[Ag^{+}] = 5.0 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$

1. كسر التفاعل الابتدائي هو: a) $Q_r = 0.25$ b) $Q_r = 4$ c) $Q_r = 1$ d) $Q_r = 2$

القطب السالب: $2x | Ag_{(s)} | 3e = Ag^{+}_{(aq)}$

القطب الموجب: $3x | Cu_{(s)} = Cu^{2+}_{(aq)} + 2e$

مع المعادلتين التصفيتين:



حساب كسر التفاعل:

$$Q_r = \frac{[Al^{3+}]^2}{[Cu^{2+}]^3} = \frac{(5.10^{-2})^2}{(5.10^{-1})^3} = 0.10$$

فالجملية تطوّر تلقائي في الاتجاه العكسي.

حساب كميات المادة الابتدائية والتقدم الأمثل للتفاعل:

$$n_{Al} = \frac{m_{Al}}{M_{Al}} = \frac{1}{27} = 3.7 \cdot 10^{-2} \text{ mol}, n_{Cu} = \frac{m_{Cu}}{M_{Cu}} = \frac{8.9}{63.5} = 1.4 \cdot 10^{-1}$$

$$n_{Al} = [Al^{3+}]V = 5.10^{-1} \times 5.10^{-3} = 2.5 \cdot 10^{-2}$$

$$n_{Cu} = [Cu^{2+}]V = 5.10^{-1} \times 5.10^{-3} = 2.5 \cdot 10^{-2}$$

التقدم الأمثل: x_{max} من أجل

نحو جزئ لتقدم التفاعل

المتطور يتم في الاتجاه العكسي

يكون الحساس يتناقص بينما زاد

الأمونيوم عند التوازن يكون:

$$2.5 \cdot 10^{-2} - 3x_{eq} = 0 \Rightarrow x_{eq} = x_{max} = 2.5 \cdot 10^{-2} / 3 = 0.83 \cdot 10^{-2}$$

حساب كمية الكهرباء العظمى التي تحررها العمود

$$q = n(e)F, n(e) = 6x_{max} = 5.10$$

$$q = 5.10^{-2} \times 96500 = 4.825 \cdot 10^3$$

16

عمودا بوصل تصفي العمود بجسر الملحي حيث يتكون نصف العمود الأول من صفيرة

في عمود في محلول مائي لتترات الرصاص $Pb^{2+}_{(aq)} + 2NO^{2-}_{(aq)}$ تركيزه 0.1 mol/L

نصف العمود الثاني من سلك من الفضة مغسور في محلول مائي لتترات الفضة $5 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$

بالنقاط الموصولة بين قطبي العمود إلى أن القطب الموجب يتكون من التثاقيف $Ag_{(s)} | Ag_{(aq)}$

محلول هو 200 mL، ثابت التوازن للتفاعل الحادث في العمود $K = 6.8 \cdot 10^{20}$

مع شكلا لسكونات العمود وأعط تمثيله الاصطلاحي

بمعادلة التفاعل عند كل مسرى ثم معادلة الأكسدة ارجاع لهذا العمود

حساب كسر التفاعل في الحالة الابتدائية ثم حدد جهة التطور التلقائي لهذا العمود

في العمود تيارا في مقاومة شدة 100 mA خلال مدة زمنية منها 1 ساعة

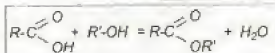
حساب الكمية التي تمر في الدارة الخارجية

حساب التركيز في كل من البيرس المكونين لتسليفي العمود بعد ساعة

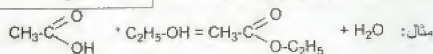
حساب كمية المعدن الناتج وكتلة المعدن المستهلك ؟

$$F = 9.65 \cdot 10^4 \text{ C/mol}, M(Pb) = 207.2 \text{ g/mol}, M(Ag) = 107.9$$

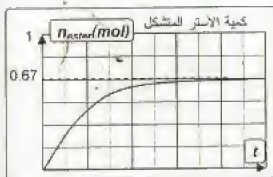
تفاعل الأستر والإماهة



1 - تفاعل الأستر: الأستر هو ناتج تفاعل كحول وحمض كربوكسيلي وينمذج بالمعادلة:



ماء إيثانوات الإثيل • إيثانول حمض إيثانويك



إن المتابعة الزمنية لأستر 1 مول من حمض الإيثانويك و 1 مول من الإيثانول يعطي البيان التالي: إن التحول المرفق بتفاعل الأستر بطيء ومحدود.

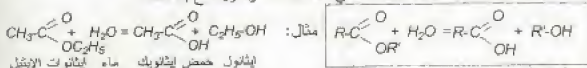
1.2 تسمية الأستر الصيغة العامة للأستر $R-C(=O)OR'$ تتميز باختواتها على المجموعة الوظيفية R, R' يحتوي على سلسلتين كربونيتين يتكون اسم الأستر من جزئين:

— الجزء الأول يتكون من السلسلة الكربونية التي تحمل المجموعة الوظيفية واسمها مشتق من الحمض الموافق بإبدال اللاحقة (زيك) باللاحقة (وات)
— الجزء الثاني يشير إلى السلسلة الكربونية المرتبطة بالمجموعة الوظيفية بواسطة ذرة الأكسجين والمسماة بالجذر الألكيلي وفي حالة التفرع ترقم أطول سلسلة بدءاً من الكربون المتصل بالوظيفية.

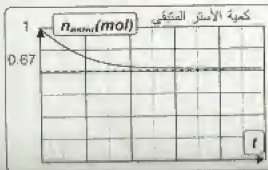
ميثانات إثيل	$H-COOCH_3$	إيثانوات إثيل	$CH_3-COOCH_2CH_3$
ميثيل	$CH_3COO-CH-CH_3$	2 - ميثيل	$CH_3-CH-COOCH_3$
إثيل	CH_3	بروبانات إثيل	CH_3

2 - تفاعل الإماهة

إن تفاعل إماهة الأستر هو التفاعل العكسي لتفاعل الأستر وينمذج بالمعادلة:



إيثانول حمض إيثانويك • ماء إيثانوات الإثيل



إن المتابعة الزمنية لإماهة 1 مول من الأستر مع 1 مول من الماء تعطي البيان التالي الذي يمثل كمية الأستر المتبقية بزيادة الزمن.

إن التحول المرفق بتفاعل الإماهة بطيء ومحدود.

3 - حالة التوازن

إن تفاعلي الأستر وإماهة اثنى هما تفاعلين أحدهما عكس الآخر يتمان معاً ويتطوران حتى تصبح سرعاتهما متساوية وتعدّد تبلغ الجملة حالة التوازن

$$a) [Ni^{2+}] = 0.035 mol \cdot L^{-1}, [Ag^+] = 0 mol \cdot L^{-1}$$

$$b) [Ni^{2+}] = 0 mol \cdot L^{-1}, [Ag^+] = 0.015 mol \cdot L^{-1}$$

$$c) [Ni^{2+}] = [Ag^+] = 0 mol \cdot L^{-1}$$

4 - كمية الكهرباء العظمى التي تمر في الدارة الخارجية $a) 5 \times 10^{-3} C, b) 1 \times 10^{-3} C, c) 2 \times 10^{-3} C$

5 - نريد (نتمنى) إعادة تشغيل العمود المستهلك: a - غير ممكن b - يجب إضافة شوارد النيكل

$Ni^{2+} / Ni_{(s)}$ في نصف العمود

c - يجب إضافة شوارد Ag^+ في النصف العمود $Ag^+ / Ag_{(s)}$ المعطيات: $F = 1.10^5 C mol^{-1}$

لحل

1. كسر التفاعل الابتدائي: $a) Q_0 = 0.25$ (لأن:

$$Q_{r,r} = \frac{[Ag^+]^2}{[Ni^{2+}]} = \frac{(5.10^{-2})^2}{10^{-2}} = 0.25$$

2. بمقارنة $K > Q_{r,r}$ فإن $K > Q_{r,r}$ ومنه فالجملة تتطور تلقائياً في الاتجاه العكسي

من اليمين إلى اليسار.

3. $b) [Ni^{2+}] = 0 mol \cdot L^{-1}, [Ag^+] = 0.015 mol \cdot L^{-1}$ (لأن:

$$n(Ni^{2+}) = CV = 10^{-2} \times 0.1 = 1 \times 10^{-3} mol$$

$$n(Ag^+) = CV = 5 \times 10^{-2} \times 0.1 = 5 \times 10^{-3} mol$$

و يتفاعل $1 \times 10^{-3} mol$ من شوارد النيكل مع $2 \times 10^{-3} mol$ من النضة ويبقى $3 \times 10^{-3} mol$

$$[Ni^{2+}] = 0, [Ag^+] = \frac{3.10^{-3}}{0.2} = 15 \times 10^{-3} mol \cdot L^{-1}$$

ينمّا يتفاعل كليا الفيلك ومنه: c) $2 \times 10^{-3} C, d) 5 \times 10^{-3} C$

b. 5 - يجب إضافة شوارد النيكل Ni^{2+} في نصف العمود $Ni^{2+} / Ni_{(s)}$

أكتب معادلة كسر التفاعل: Q_r في الحالات التالية وقارنه مع ثابت التوازن K واستنتج جهة تطور التفاعل.

الحل: احسب Q_r في الحالات التالية وقارنه مع ثابت التوازن K واستنتج جهة تطور التفاعل.

1: $n_{\text{ester}} = 0.5 \text{ mol}$, $n_{\text{acid}} = 0.5 \text{ mol}$, $n_{\text{alcohol}} = 0.25 \text{ mol}$, $n_{\text{water}} = 0.5 \text{ mol}$

2: $n_{\text{acid}} = 2.0 \text{ mol}$, $n_{\text{alcohol}} = 0.5 \text{ mol}$, $n_{\text{ester}} = 0.25 \text{ mol}$, $n_{\text{water}} = 0.50 \text{ mol}$

3: $n_{\text{acid}} = 0.05 \text{ mol}$, $n_{\text{alcohol}} = 0.25 \text{ mol}$, $n_{\text{ester}} = 0.25 \text{ mol}$, $n_{\text{water}} = 0.25 \text{ mol}$

إشارة كسر التفاعل لتفاعل الأسترة: معادلة التفاعل: $RCO_2H + R'-OH \rightleftharpoons RCO_2R' + H_2O$

أكتب كسر التفاعل لتفاعل الأسترة: $Q_r = \frac{[RCO_2R'] \cdot [H_2O]}{[RCO_2H] \cdot [R'-OH]}$

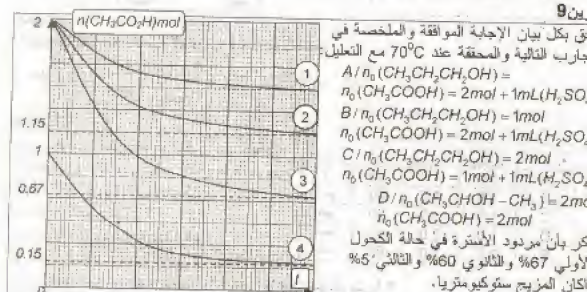
احسب Q_r في كل حالة مع تعيين جهة التطور التلقائي للحملة:

1: $Q_r = \frac{0.5 \times 0.5}{0.25 \times 0.5} = 2.5 \rightarrow Q_r > K$

2: $Q_r = \frac{0.25 \times 0.50}{2 \times 0.5} = 0.125 \rightarrow Q_r < K$

3: $Q_r = \frac{0.25 \times 0.25}{0.05 \times 0.25} = 5 \rightarrow Q_r > K$

أفعلن بت يتطوران في الاتجاه المباشر (جهة الأسترة)



الحل:

توافق المحللي 3: لأن $r = n_{\text{eq}}/n_0 \rightarrow n_{\text{eq}} = 0.67 \times 2 = 1.34 \text{ mol}$

كمية المحض المتبقى هي: $n_{\text{acid}} = 2 - 0.134 = 0.86 \text{ mol}$

أن كمية المحض المتفاعل تساوي كمية الأستر المتشكل.

توافق المحللي 2: بالاستعانة بجداول التكميم

المعادلة	$CH_3COOH + CH_3CH_2CH_2OH$	$CH_3COOCH_2CH_2CH_3 + H_2O$
ح-أ	2mol	1mol
ح-ب	2-x _{eq}	x _{eq}

مراقبة تطور حملة كيميائية

تبرين 3

أعط اسماء جميع الأسترات التالية:

1/ $CH_3CH_2CH_2CO_2CH_3$ (1) $CH_3CH_2CH_2CO_2CH_2CH_3$ (2) $CH_3CH_2CH_2CO_2CH_2CH_2CH_3$ (3) $CH_3CH_2CH_2CO_2CH_2CH_2CH_2CH_3$ (4)

2/ أكتب الصيغ التفصيلية للمحضر الكربوكسيلي والكحول اللازم لتحضير هذه الأسترات

اسم الأستر	المحضر الموافق	الكحول الموافق
(1) ميثانوات الميثيل	HCO_2H	ميثانول
(2) إيثانوات الإثيل	CH_3CO_2H	إيثانول
(3) إيثانوات البوتيل	CH_3CO_2H	بوتانول
(4) بروتونات البوتيل	$CH_3CH_2CH_2CO_2H$	بروتانول

تبرين 4

أكتب الصيغ التفصيلية لفصلتين للأستراتين $C_6H_5H_9O_2$ و $C_6H_5H_7O_2$

الحل: $C_6H_5H_9O_2$ لها 4 صيغ، $C_6H_5H_7O_2$ لها 9 صيغ

تبرين 5

أكتب الصيغ التفصيلية لأسماء الأسترات التالية: أ/ ميثانوات البروبيل، ب/ بيوتانات الميثيل، ج/ ميثانوات 1، 1 ثنائي ميثيل إيثيل، د/ 2 ميثانوات بيوتانول، هـ/ إيثانوات ميثيل بروبيل.

الحل:

أ) $HCO_2CH_2CH_2CH_3$ ، ب) $CH_3(CH_2)_2CO_2CH_3$ ، ج) $HCO_2C(CH_3)_2$

د) $CH_3CH_2CH_2CO_2CH(CH_3)_2$ ، هـ) $CH_3CO_2CH_2CH(CH_3)_2$

تبرين 6

أكمل المعادلات التالية:

أ) $CH_3CH_2CH_2OH + A \rightarrow CH_3CH_2CH_2CO_2CH_2CH_3 + H_2O$

ب) $CH_3CH_2CH_2OH + B \rightarrow CH_3CH_2CH_2CO_2CH_2CH_3 + H_2O$

ج) $CH_3CH_2CH_2OH + C \rightarrow CH_3CH_2CH_2CO_2CH_2CH_3 + H_2O$

د) $CH_3CH_2CH_2OH + D \rightarrow CH_3CH_2CH_2CO_2CH_2CH_3 + H_2O$

الحل:

أ) $A \rightarrow CH_3CH_2CH_2CO_2H$ ، ب) $B \rightarrow CH_3CH_2CH_2CO_2H$ ، ج) $C \rightarrow CH_3CH_2CH_2CO_2H$ ، د) $D \rightarrow CH_3CH_2CH_2CO_2H$

تبرين 7

تحقق أسترة الإيثانول بحضن الميثانوليك:

أ) $CH_3COOH + CH_3CH_2CH_2OH \rightarrow CH_3COOCH_2CH_2CH_3 + H_2O$

ب) $CH_3COOH + CH_3CH_2CH_2OH \rightarrow CH_3COOCH_2CH_2CH_3 + H_2O$

ج) $CH_3COOH + CH_3CH_2CH_2OH \rightarrow CH_3COOCH_2CH_2CH_3 + H_2O$

د) $CH_3COOH + CH_3CH_2CH_2OH \rightarrow CH_3COOCH_2CH_2CH_3 + H_2O$

الحل: 1/ كتابة معادلة التفاعل: $HCOOH + C_2H_5OH \rightarrow HCOOC_2H_5 + H_2O$

ومنه: $x_{eq} = 0.84 \text{ mol}$ وكمية الحمض الباقي: $n_{acid} = 2 - 0.84 = 0.16 \text{ mol}$

C- توافق المنحني 4: لأن كمية الحمض الابتدائية 1مول ويتفك بالطريقة السابقة نجد: $x_{eq} = 0.84 \text{ mol}$
D- توافق المنحني 1: لأن الميزج ستوكيومترى والكحول المستعمل ثانوي والتجربة تمت دون وسيط فهي في حالة تطور لم تبلغ بعد حالة التوازن.

تمرين 10

اختر الإجابة أو الإجابات الصحيحة

1/ تحقق أمترة $n_{(ester)} = 100 \text{ mmol}$ من حمض الإيثانويك مع $n_{(alcohol)} = 200 \text{ mmol}$ بوجود $H^+_{(aq)}$ فحصل عند التوازن على $n_{(ester)} = 84 \text{ mmol}$ مردود التفاعل هو:

$$a/r = \frac{n_{(ester)}}{n_{(alcohol)}}, b/r = \frac{n_{(acid)}}{n_{(ester)}}, c/r = 84\%, d/16\%$$

2/ نحقق إمامة كمية من إستر $n_{(ester)} = 100 \text{ mmol}$ مع كمية من من الماء $n_{(eau)} = 1.0 \text{ mol}$ بوجود $H^+_{(aq)}$ فينبغي عند التوازن $n_{(ester)} = 25 \text{ mmol}$ مردود التفاعل هو:

$$a/r = \frac{n_{(ester)}}{n_{(water)}}, b/r = \frac{n_{(acid)}}{n_{(ester)}}, c/r = \frac{n_{(alcohol)}}{n_{(ester)}}, d/r > 33\%$$

الحل:

1/ نحسب المردود بالنسبة للتفاعل الموجود بالنقصان

$$c/r = 84\%, a/r = \frac{n_{(ester)}}{n_{(acid)}} = \frac{84}{100} \times 100 = 84$$

تمرين 11

ندرس توازن أمترة مزيج يتكون من حمض

الإيثانويك والإيثانول بتغيير الشروط التجريبية:

1/ ما تأثير درجة الحرارة على:

a- نسبة التقدم النهائي؟

b- المدة اللازمة لبلوغ حالة التوازن؟

2/ نفس السؤال بالنسبة لتأثير الوسيط؟

3/ ما قيمة المردود عند التوازن إذا كان الميزج ستوكيومترى؟

4/ إذا كان $n_{(alcohol)} = 2n_{(acid)}$ والمردود هو 84% . أرسم المنحنيين الممثلين لـ:

a- نسبة التقدم النهائي؟
b- المدة اللازمة لبلوغ حالة التوازن؟
c- تركيز الوسيط؟
d- تركيز الحمض؟
e- تركيز الكحول؟
f- تركيز الماء؟
g- تركيز الأيونات؟
h- تركيز الأيونات؟
i- تركيز الأيونات؟
j- تركيز الأيونات؟
k- تركيز الأيونات؟
l- تركيز الأيونات؟
m- تركيز الأيونات؟
n- تركيز الأيونات؟
o- تركيز الأيونات؟
p- تركيز الأيونات؟
q- تركيز الأيونات؟
r- تركيز الأيونات؟
s- تركيز الأيونات؟
t- تركيز الأيونات؟
u- تركيز الأيونات؟
v- تركيز الأيونات؟
w- تركيز الأيونات؟
x- تركيز الأيونات؟
y- تركيز الأيونات؟
z- تركيز الأيونات؟

الحل

1/ a- تأثير درجة الحرارة: لا تؤثر على نسبة التقدم النهائي.

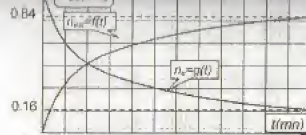
b- يرتفع درجة الحرارة يقلل من المدة اللازمة لبلوغ حالة التوازن.

2/ a- لا يؤثر الوسيط على نسبة التقدم النهائي

b- إضافة الوسيط تقلل من المدة الزمنية اللازمة لبلوغ حالة التوازن.

3/ تكون قيمة المردود عند التوازن إذا كان الميزج ستوكيومترى هو: $r = 67\%$

4/ التجربة D هي التي توافق $n_{(alcohol)} = 2n_{(acid)}$



الوسيط المتفاعل للمحد المحض
ممة الأستر المتشكل
 $n_{ester} = r \cdot n_m = 0.84 \times 1 = 0.84 \text{ mol}$
ممة الأستر المتشكل = كمية الحمض المتفاعل
تكون كمية الحمض المتبقي:
 $n_{acid} = n_{(acid)} - n_{ester} = 1 - 0.84 = 0.16 \text{ mol}$

تمرين 12

رطلان إعادة إجراء التجارب التي حققها العالمان الكيميائيان مارسلان برتو وليون بيان وسان جيل والخاصة بتفاعل الأسترة انطلاقا من حمض الإيثانويك والإيثانول.

لما يتخصر 10 أنابيب متماثلة ووضعوا في كل منها 0.1mol من كل من المتفاعلين ثم علقنا الأنابيب بإحكام ووضعت في حمام مائي درجة حرارته 100°C في لحظة أخذت كلحظة ابتدائية (t=0).

لحظة t معطاة أخرجا أنبوبة من الحمام المائي وتم تبريدها بسرعة ثم قاما بمعايرة الحمض المتبقي بمحلول الصود تركيزه 1mol/L بوجود الفينول فتألفت والجداول التالي يعطي نتائج معايرة

t(h)	0	4	10	20	40	100	150	200	250	300
n _g (mmol)	100	75	64	52	44	36	35	34	33	33

لأنابيب العشرة

1/ أكتب معادلة التفاعل المرفقة بالتطور الحادث في كل أنبوبة واذكر اسم الأستر الناتج؟

2/ لماذا نريد بسرعة الأليلب قبل كل معايرة؟

3/ بالاستعانة بجدول وصفي لتطور التحول في كل أنبوبة حدد التقدم الأعظمي x_{max} .

4/ احسب التقدم النهائي في كل أنبوبة.

5/ عرف نسبة التقدم النهائي τ واحسبه من أجل كل أنبوبة.

6/ أرسم المنحني الذي يمثل تغيرات τ للأسترة بدلالة الزمن t . السلم: $t: 1 \text{ cm} \rightarrow 40 \text{ h}$

7/ أرسم المنحني الذي يمثل تغيرات τ للأسترة بدلالة الزمن t . السلم: $t: 1 \text{ cm} \rightarrow 0.2$

8/ استنتج من البيان خاصيتين للتطور المدروس.

9/ أرسم على نفس الشكل المنحني الموافق لنفس التجربة إذا أجريت في درجة حرارة أقل.

الحل

1/ كتابة معادلة التفاعل: $CH_3COOH + C_2H_5OH \rightleftharpoons CH_3COOC_2H_5 + H_2O$

2/ الأسترات الناتج: إيثانوات الأليل.

3/ نريد الأليلب قبل كل معايرة لإيقاف التفاعل.

4/ $0.1 - x_{max} = 0 \rightarrow x_{max} = 0.1 \text{ mol}$

5/ جدول التقدم:

المعايرة	التقدم	كميات المادة (بمول)	0	0.1	0.1	0	0
ج	$x = 0$	0.1	0.1	0	0	0	0
د	x_{eq}	0.1-x _{eq}	0.1-x _{eq}	x _{eq}	x _{eq}	x _{eq}	x _{eq}

6/ حساب التقدم النهائي x_f في كل أنبوبة: $n_{acid} = n_{(acid)} - x_{eq} \rightarrow x_{eq} = 0.1 - n_{(acid)}$

$x_{eq} = 100 \text{ mmol} - n_{(acid)}$

t(h)	0	4	10	20	40	100	150	200	250	300
x _{eq} (mmol)	0	25	36	48	56	64	65	66	67	67

7/ نسبة التقدم النهائي:

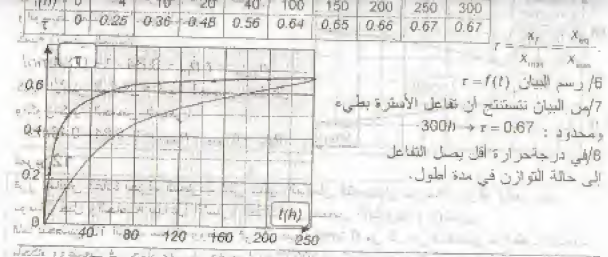
- 2/ حدد في الجدول حجم الأستر المتفاعل مع الكحول في التجارب 1-4 مع ملاحظة أن قسما 3/ اكتب معادلة تفاعل المعايرة واستنتج كمية الحمض المتبقى في نهاية كل تجربة. 4/ عرف مرود هذا الاصطلاح واحصيه في التجارب 1-4. الاستنتاج. 5/ علل استعمال معيار التطور التقني الناتج للملاحظة

1/ صيغة الأستر: CH3COOCH2CH2CH2CH3 صيغة الحمض: CH3COOH صيغة الكحول: CH3(CH2)3OH 2/ حجم الحمض والكحول في الحالتين: لدينا: $n_{\text{acid}} = n_{\text{alcohol}}$ و $m_{\text{acid}} = \rho_{\text{acid}} V_{\text{acid}}$ و $m_{\text{alcohol}} = \rho_{\text{alcohol}} V_{\text{alcohol}}$

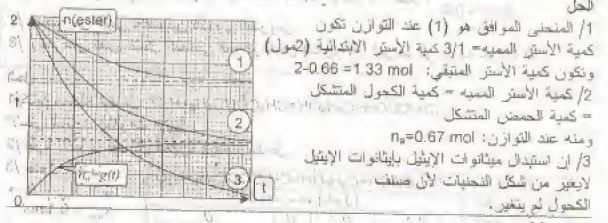
الحل: $V_{\text{alcohol}} = 11.5 \text{ mL}$, $V_{\text{acid}} = 1.88 \text{ mL}$, $\rho_{\text{acid}} = 1.05 \text{ g/mL}$, $\rho_{\text{alcohol}} = 0.809 \text{ g/mL}$ $V_{\text{alcohol}} = 11.5 \text{ mL}$, $V_{\text{acid}} = 1.88 \text{ mL}$ $n_{\text{acid}} = \frac{m_{\text{acid}}}{M_{\text{acid}}} = \frac{1.88 \times 1.05}{100} = 0.0197 \text{ mol}$ $n_{\text{alcohol}} = \frac{m_{\text{alcohol}}}{M_{\text{alcohol}}} = \frac{11.5 \times 0.809}{100} = 0.093 \text{ mol}$ 3/ كمية الحمض المتفاعل المعايرة واستنتاج كمية الحمض المتبقى في كل تجربة: $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3 \rightarrow \text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3 + \text{H}_2\text{O}$ 4/ المرود: هو النسبة بين كمية الأستر الناتج على كمية الأستر النظرية $n_{\text{exp}} = n_{\text{ester}} / n_{\text{theor}}$ 5/ معادوم بالنسبة للتفاعلين $K=4$ كحول أولي - فالجمله تتطور في الحالتين في الاتجاه المباشر (جهة تكون الأستر).

تعيين 14 QCM ان إيثانول 3 - مثل بيوتيل هو مركب له راحة الموز صيغته نصف مفصلة: CH3CH2CH2CH2OH اختر الإجابة أو الإجابات الصحيحة من بين الأقراحت التالية: 1/ المجموعة المميزة لإيثانول 3 - مثل بيوتيل هي: مجموعة هيدروكسيل، مجموعة كربويل، مجموعة الأستر. 2/ الحمض والكحول الموافقان للأستر هما: CH3COOH و CH3CH2CH2CH2OH 3/ تحقق إمامة الأستر السابق في الدرجة 75°C خلال 45min دون نزع أي ناتج وتعتبر أن الإمامة قد انتهت بعد إيثانول التسخين، هذا التحول:

تعيين 14 QCM ان إيثانول 3 - مثل بيوتيل هو مركب له راحة الموز صيغته نصف مفصلة: CH3CH2CH2CH2OH اختر الإجابة أو الإجابات الصحيحة من بين الأقراحت التالية: 1/ المجموعة المميزة لإيثانول 3 - مثل بيوتيل هي: مجموعة هيدروكسيل، مجموعة كربويل، مجموعة الأستر. 2/ الحمض والكحول الموافقان للأستر هما: CH3COOH و CH3CH2CH2CH2OH 3/ تحقق إمامة الأستر السابق في الدرجة 75°C خلال 45min دون نزع أي ناتج وتعتبر أن الإمامة قد انتهت بعد إيثانول التسخين، هذا التحول:



تعيين 13 نفاعل 2mol من ميثانوات الإيثيل مع 2mol من الماء بوجود 0.5ml من حمض الكبريت المركز 1/ ان تحليل تركيب المزيج بمرور الزمن سمح بترسم البيانات $n_{\text{ester}} = f(t)$ حدد من بين البيانات المقترحة في الشكل البيان الموافق للتجربة. 2/ لرسم في نفس الشكل المنحنى الذي يعطي كمية الكحول الناتج بدلالة الزمن $n_{\text{alcohol}} = g(t)$ 3/ نعيد نفس التجربة بالمستعمال ميثانوات الإيثيل هل يتغير شكل المنحنين $n_{\text{ester}} = f(t)$ و $n_{\text{alcohol}} = g(t)$ ؟



الحل 1/ المنحنى الموافق هو (1) عند التوازن تكون كمية الأستر المسمية = 3/1 كمية الأستر الابتدائية (مول) وتكون كمية الأستر المتبقى: $2 - 0.66 = 1.33 \text{ mol}$ 2/ كمية الأستر المسمية = كمية الكحول المتشكل = كمية الحمض المتشكل ومنه عند التوازن: $n_{\text{alcohol}} = 0.67 \text{ mol}$ 3/ ان استبدال ميثانوات الإيثيل بميثانوات الأيثيل لا يغير من شكل المنحنيات لأن صنف الكحول لم يتغير. تعيين 13 من أجل اصطناع إيثانوات 3- مثل بيوتيل نفاعل 0.20mol من الحمض A كتلته الحجمية $\rho_A = 1.044 \text{ g/mL}$ مع 0.20mol من كحول B كتلته الحجمية $\rho_B = 0.809 \text{ g/mL}$ عندما ينتهي التفاعل نغير الحمض المتبقى بمحلول الصود تركيزه $C = 2.0 \text{ mol/L}$ فكان الحجم المسكوب عند التكافؤ $V_{E1} = 33.5 \text{ mL}$ نعيد التجربة بالمستعمال من الحمض A و 1.0mol من الكحول B فكان حجم الصود المسكوب عند التكافؤ $V_{E2} = 5 \text{ mL}$ أعط صيغة الأستر واستنتج صيغة واسم كل من الحمض والكحول.

$$Q_r = \frac{[ester][eau]}{[acid][alco]} = \frac{\frac{x}{V} \cdot \frac{x}{V}}{\frac{0.2-x}{V} \cdot \frac{0.2-x}{V}} = \frac{x^2}{(0.2-x)^2}$$

4 - حساب x_{eq} عند التوازن

$$Q_r = K = \frac{x_{eq}^2}{(0.2-x_{eq})^2} = 4 \Rightarrow x_{eq} = 0.13 \text{ mol}, x'_{eq} = 0.4 \text{ mol}$$

$$\tau = \frac{x_r}{x_{eq}} = \frac{x_{eq}}{x_{max}} = \frac{0.13}{0.2} = 0.67 (67\%)$$

$$\text{حيث: } x_{max} = 0.20 \text{ mol}, x_r = x_{eq} = 0.13 \text{ mol}$$

6/ الاقتراح 3 هو الذي يؤدي إلى زيادة التقدم. لأن نزع الماء يؤدي إلى نقص بسط Q_r وبالتالي يصبح $Q_r < K$ والجملة لا تكون في حالة توازن عندئذ، فحسب معيار التطور التلقائي فإن الجملة تتطور في الاتجاه المباشر مما يرفع من قيمة x_r وبالتالي τ .

تمرين 16

أستر E صيغته المجرى $C_4H_8O_2$

1/ ذكر بتعريف الماكيب.

2/ ما هي الصيغ نصف مفصلة للماكيب الأربعة الممكنة الموافقة للصيغة المجرى.

3/ أعط أسماء هذه الأسترات

4/ نعيه الأستر من أجل كل مأكب: a- لكتب معادلات التفاعل b- حدد أسماء نواتج التفاعلات.

c- ما مميزات تفاعل الإماهة ؟

5/ نرسم لأحد الأحماض المتشكلة عن طريق الإماهة بـ A وكتلته الناتجة $m = 3.72 \text{ g}$ نحلها

في الماء النقي والحلول الناتج حجمه 5.00 L ، نأخذ 10 mL منه ونعايره بمحلول الصود

تركيزه $1.0 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$ فكان حجم الصود المضاف عند التكافؤ $V_{BE} = 12.4 \text{ mL}$

a- أصبب تركيز المحلول S_0 ، b- ما الصيغة النصف مفصلة للصيغ ؟

c- استنتج صيغة الأستر E.

الحل

1/ تعريف الماكيبات: هي أنواع لها نفس الصيغة المجرى وتختلف في الصيغة المفصلة

2/ مأكيب الأستر هي:



3/ أيتوات الأيتل، برويات الميثيل، ميثوات أيتل، ميثوات الأيتل، ميثوات البروبيل

4/ كتابة معادلات التفاعل.

a- أسماء نواتج

أيتل، حمض أيتليك

أيتل، حمض بروياتيك

أيتل، حمض ميثانويك

أيتل، حمض ميثانويك

c- تفاعل الإماهة بطيء ومحدود

8/5- إيجاد التركيز C_0 للمحلول S_0 عند التكافؤ: $n_{AE} = n_{HOE} \rightarrow C_0 V_A = C_B V_{BE}$

$$C_0 = \frac{1.0 \cdot 10^{-2} \cdot 12.4}{10} = 1.24 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$$

a- نام b- سريع وغير محتاج لاستعمال وسيط c- يؤدي إلى تشكل حمض وكحول ثانوي.
4/ لحقق التجربة بالتسخين عند 90°C ، فالتقدم عند التوازن: a- قيمته أكبر b- له نفس القيمة
c- يتوقف على استعمال الوسيط.

5/ لتحضير أيتلوات 3 - ميثيل بوبيل نضع في حولة 6.0 g من حمض الإيثانويك و 8.8 g من الكحول ونضيف 2 mL من حمض الكبريت وبعض الأحجار الاسفنجية، نسخن لمدة ساعة دون نزع أي ناتج أو إضافة سفاعل، ونوقف التسخين عند التوازن. المتفاعل الموجود بزيادة هو:
a- حمض الكبريت c- المتفاعل موجودان بنسب ستوكيومترية

الحل

1/ c- مجموعة الأستر، 2/ a- b/ 3 - b/ 4 - نفس القيمة

$$5/ \text{مزيج ستوكيومترى } n_a = m/M = 8.8/88 = 0.1 \text{ mol}, n_b = m/M = 0.1 \text{ mol}$$

تمرين 15

نريد دراسة تفاعل حمض البروبانويك والكحول

بيوتان 1- أول. يبين الجدول التالي بعض خواص

المتفاعلين والنواتج.

نضع في لورق 0.20 mol من حمض البروبانويك

النقي و 0.20 mol من البيوتان 1- أول النقي.

1/ كيف نسمي التفاعل الحادث بين المتفاعلين؟

اكتب معادلة التفاعل.

2/ أعط الصيغ نصف مفصلة واسماء النواتج.

3/ أخرج حولا وصفا لتطور تقدم التفاعل واستنتج عبارة كسر التفاعل Q_r بدلالة

التقدم x في اللحظة t .

4/ أحسب التقدم x_{eq} عند التوازن على أن ثابت التوازن $K = 4$.

5/ استنتج نسبة التقدم النهائي للتفاعل τ .

6/ طلب من مجموع التلاميذ إعطاء اقتراحات لزيادة نسبة التقدم فكانت الاقتراحات التالية:

a- نسخن وسط التفاعل لمدة 5 min

b- نصيف وسيطا: حمض الكبريت المركز.

c- نزع الماء بالتقطير خلال التفاعل. ما هو الاقتراح الصحيح من بين هذه الاقتراحات؟

الحل:

1/ هذا التفاعل هو تفاعل أسترة معادلته:



أسماء النواتج: الماء H_2O وأيتوات البيوتيل $CH_3CH_2COO(CH_2)_3CH_3$

جدول التقدم وعبارة Q_r

المعادلة	$CH_3CH_2COOH + CH_3CH_2CH_2CH_2OH = CH_3CH_2COO(CH_2)_3CH_3 + H_2O$			
كميات المبادء (المول)	التقدم	0.20	0	0
حالة الابتدائية	X=0	0.20	0.20	0
أثناء التحول	X	0.20 - x	0.20 - x	x
الحالة النهائية	x_{eq}	0.20 - x_{eq}	0.20 - x_{eq}	x_{eq}

محلول الصود واجب اضافته للحصول على التعديل. اكمل الجدول التالي بحساب التركيز المولي للحمض الباقي وللاستر المتشكل في انبوب الاختبار عند اللحظة t . فسر .

t(h)	1	5	10	15	20	30	40	50	60	70
$V_{\text{el}}(\text{mL})$	14.8	12.1	10.2	9.0	8.0	6.8	6.3	5.8	5.6	5.6
mmol (محلول)										
mmol (استر)										

ا. ارسم البيان $f(t) = [\text{استر}]$. السلم: $10\text{m} \rightarrow 10\text{h}$ و $10\text{m} \rightarrow 1\text{mol/L}$

ب. عرف واحسب السرعة اللحظية لتشكل الاستر عند اللحظة $t = 10\text{h}$.

ج. احسب زمن نصف التفاعل علما بأن مردود التفاعل هو 66% .

د. اذكر طريقة تجعل التفاعل أكثر سرعة

الحل:

ا. كتابة المعادلة الكيميائية للمعادلة: $\text{CH}_3 - \text{CO}_2\text{H} + \text{HO} = \text{CH}_3 - \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

ب. لدينا: $\text{CH}_3 - \text{CO}_2\text{H} = \text{CH}_3 - \text{CO}_2 + \text{H}^+$, $\text{HO} + \text{H}^+ = \text{H}_2\text{O}$

حمض الإيثانويك يفتت بروتونا بينما شوارد HO تكتسبه إذن فالتفاعل هو تفاعل حمض اساس.

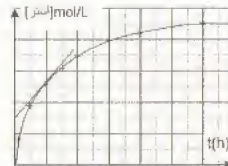
ج. استنتاج تركيز الحمض الابتدائي: عند التعديل: $n_A = n_B$

والتفاعل ستوكيومترى $\leftarrow C_A V_A = C_B V_B$ ومنه: $C_A = \frac{C_B V_B}{V_A} = \frac{2.16.8}{5} = 6.7\text{mol/L}$

د. اكمل الجدول: لدينا: $C_A = C_B V_B / V_A$ ومنه

تركيز الاستر المتشكل = تركيز الحمض الابتدائي = تركيز الحمض المتبقى:

t(h)	1	5	10	15	20	30	40	50	60	70
$V_{\text{el}}(\text{mL})$	14.8	12.1	10.2	9.0	8.0	6.8	6.3	5.8	5.6	5.6
mmol (محلول)	5.9	4.8	4.1	3.6	3.2	2.7	2.5	2.3	2.2	2.2
mmol (استر)	0.8	1.9	2.6	3.1	3.5	4.0	4.2	4.4	4.5	4.5



ب. تعريف السرعة اللحظية: $v = \frac{d[\text{ester}]}{dt}$

رسم مماس للبيان في اللحظة $t = 10\text{h}$ ونحسب

معامل توجيهه فنحصل على السرعة

في اللحظة $t = 10\text{h}$: $v = \frac{4.5 - 1.4}{25.0} = 0.124\text{mol/L} \cdot \text{h}^{-1}$

$v = 0.124\text{mol/L} \cdot \text{h}^{-1} = 3.4 \cdot 10^{-3}\text{mol/L} \cdot \text{s}$

ج. حساب زمن نصف التفاعل: مردود التفاعل 66% أي أن أكبر كمية لتركيز الاستر نحصل

عليها هي $[\text{ester}] = \frac{66}{100} \times C_A = 0.66 \times 6.7 = 4.4\text{mol/L}$

زمن نصف التفاعل هو الزمان الذي يتشكل فيه نصف كمية الاستر

$[\text{ester}]_{t_{1/2}} = \frac{[\text{ester}]}{2} = 2.2\text{mol/L}$ من البيان نحصل على $t_{1/2} = 8\text{h}$

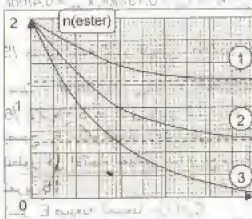
د. لجعل التفاعل أكثر سرعة نستعمل وسيطا H^+ أو نزيد من درجة حرارة وسط التفاعل.

ب- ايجاد صيغة الحمض: لدينا: $n_B = C_B V = 1.24 \cdot 10^{-2} \times 5 = 6.2 \cdot 10^{-2}\text{mol}$

ومنه: $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$ الإيثانويك $n_B = \frac{m_B}{M_B} \rightarrow M_B = \frac{3.72}{6.2 \cdot 10^{-2}} = 60\text{g/mol}$

ج- صيغة الاستر E هي إيثانوات الإيثيل: $\text{CH}_3\text{-COO-C}_2\text{H}_5$

تمرين 17



نفاعل 2mol مع ميثانوات الإيثيل مع 2mol من الماء

يوجد 0.5mL من حمض الكبريت المركز

1/ إن تحليل تركيب المزيج بمرور الزمن سمح برسم

البيانات $n(\text{ester}) = n_E = f(t)$ حدد من بين البيانات

المقترحة في الشكل البيان الموافق للتجربة .

2/ أرسم في نفس الشكل المتحن الذي يعطي كمية

الكحول الناتج بدلالة الزمن $n_A = g(t)$

3/ نعيد نفس التجربة بالاستعمال ميثانوات الإيثيل هل

يتغير شكل المنحنيين $n_E = f(t)$ و $n_A = g(t)$ ؟

الحل

1/ المنحنى الموافق هو (1) عند التوازن تكون

كمية الاستر المصية = 3/1 كمية الاستر الابتدائية (محول)

وتكون كمية الاستر المتبقى: $2 - 0.66 = 1.33\text{mol}$

2/ كمية الاستر المصية = كمية الكحول المتشكل

= كمية الحمض المتشكل

ومنه عند التوازن: $n_B = 0.67\text{mol}$

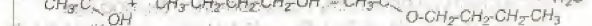
3/ إن استبدال ميثانوات الإيثيل بميثانوات

الايثيل لا يغير من شكل المنحنيين لأن صنف

الكحول لم يتغير.

تمرين 18

مريد دراسة تفاعل أسترة بين حمض الإيثانويك واليوتان - 1. أولًا:



ماء (استر - إيثانوات اليوتان) يوتان - 2. أول

نحضر مزيجاً متساوي المولات من اليوتان - 1. أول وحمض الإيثانويك. نضع المزيج في 10

اتانيب اختيار محكمة الغلق كل منها يحتوي 5mL من المزيج

عند اللحظة $t = 0$ نضع 9 أتانيب في حمام مائي درجته 100°C (نفرض أن حجم المزيج في كل

أنبوب يبقى ثابتاً). نعاير الحمض في الأنابيب العائز بواسطة محلول ماءات الصوديوم تركيزه

$C_B = 2.0\text{mol/L}$ ، فيجب سكب 16.8mL للحصول على التعديل.

ا. اكتب المعادلة الكيميائية للمعادلة.

ب. أثبت أن هذا التفاعل هو تفاعل حمض - اساس.

ج. استنتج تركيز الحمض الابتدائي.

د. خلال فترات زمنية مختلفة نعاير بنفس الطريقة كمية الحمض الباقية في المزيج، لكن V_B حجم

مراقبة تحول بتغير أحد المتفاعلات

يهدف الكيميائيون لأسباب اقتصادية متعلقة بإنتاج واستهلاك الطاقة إلى مراقبة سرعة ومردود التحولات الكيميائية بجعلها سريعة وتامة لذلك أدخلوا طريقة اختيار متفاعل مناسب من أجل تلك ستوظف هذه الطريقة لإصطناع الأستر أو من أجل إتمامها بدلاً من تقايل الأسترة والإمالة الكلاسيكيين المحضرين انطلاقاً من تفاعلي الحمض والكحول أو الأستر والماء لأنهما يتطوئين ومحتويين واحدهما عكس الآخر .

1- تغيير أحد المتفاعلات من أجل تشكيل الأستر

1/ اصطناع أستر انطلاقاً من كلور الأسيل بدلاً من الحمض الكربوكسيلي الموافق:



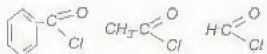
1-1 كلوريدات الأسيل: صيغتها العامة: يمكن اعتبارها ناتجة عن استبدال مجموعة الهيدروكسيل OH في الحمض الكربوكسيلي $\text{R}-\text{COOH}$ بذرة كلور فيفتح كلور الأسيل RCOCl .

2- تحضيرها: يتم تحضير كلور الأسيل بتفاعل خامس كلور الفوسفور PCl_5 أو كلور الثيويل SOCl_2 مع الحمض الكربوكسيلي حسب معادلتَي التفاعل:



بجانب التفاعل يحدّر مع هذه المركبات حيث تحضر في غرفة الطلاق الغازات مع استعمال القنارات والتطارات.

1- 3 التسمية:



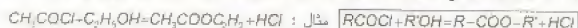
كلور الميثانويل كلور الإيثانويل كلور البنزويل

1- 4 خواصها:

كلوريدات الأسيل سالطة في درجة الحرارة العادية تؤثر على الماء بشكل سريع وتام وناتجة للحرارة وتؤدي هذه الإمالة إلى الحمض الموافق مثال: $\text{CH}_3-\text{COCl} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH} + \text{HCl}$ كلوريدات الأسيل نشطة جداً تسمح بالحصول على الأسترات والأميدات بسهولة وارتفاع ضمن تصنيعها جعل استعمالها محدوداً إلا في بعض التحضيرات الصيدلانية.

1- 5 الحصول على أسترات انطلاقاً من كلور الأسيل:

بتفاعل كلور الأسيل مع كحول يتشكل أستر وكلور الهيدروجين والمعادلة العامة لهذا التحول:



كلور هيدروجين إيثانوات الإيثانول كلور الإيثانويل

مميزات التفاعل: سريع ، تام ، نشأ للحرارة

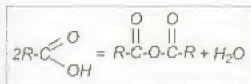
- إن عدم وجود الماء في النواتج يجعل التفاعل العكسي لإمالة أستر مستحيل ، لذلك يكون التقدم النهائي مساوياً للتقدم الأعظمي $t = x_1 / x_{\text{max}} = 1$.

2. اصطناع أستر انطلاقاً من بلا ماء الحمض:

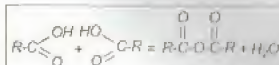
1.2 بلا ماء الحمض *Anhydrides d'acides*: صيغتها العامة:



بند الحصول على بلا ماء الحمض من جزئين من الحمض وفق التفاعل:

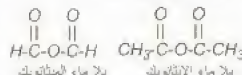


أو



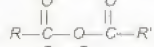
السمية:

يقوم الحمض الموافق باستبدال كلمة حمض بلا ماء في اسم الحمض الكربوكسيلي الموافق. أمثلة:



بلا ماء الميثانويك بلا ماء الإيثانويك

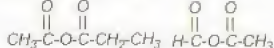
بلا ماء الحمض المختلط:



R, R' سلسلتان كربونيتان مختلفتان يثنى اسمه من الحمضين

كربوكسيلين باستبدال كلمة حمض بـ بلا

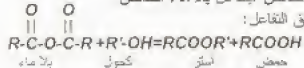
ثم اسمي الحمضين مع مراعاة الترتيب لأبجدي اللاتيني مثال:



بلا ماء إيثانويك ميثانويك بلا ماء إيثانويك بروميويك

3- الحصول على أستر انطلاقاً من بلا ماء الحمض يتفاعل بلا ماء الحمض

مع كحول فيشكل أستر وحمض كربوكسيلي وفق التفاعل:



كحول أستر حمض



حمض إيثانويك ميثانات الإيثانول إيثانول بلا ماء الإيثانويك

بموازات التحول: تفاعل بلا ماء الحمض مع كحول تام وأسرع من تفاعل أسترة حمض مع كحول

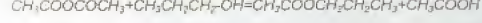
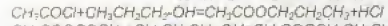
1. لبيبي

تريد اصطناع إيثانوات البروبيل بسرعة وبأكثر مردود . ما هي المتفاعلات الممكن استعمالها؟ اكتب معادلة التفاعل في كل حالة.

حل:

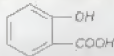
بموازات إيثانوات البروبيل $\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$ يمكن الحصول عليها بسرعة وبمردود كبير

استعمال كلور الإيثانويل ، أو بلا ماء الإيثانويك بدلاً من حمض الإيثانويك .



2. لبيبي

أحدى مراحل اصطناع الأسبرين هي تفاعل أسترة، هذه الأسترة تتم بين بلا ماء إيثانويك وحمض ساليسليك الذي صيغته:



1. ما المجموعتين الوظيفيتين في هذا الحمض؟

2. اكتب معادلة التفاعل بين الحمض وبلا ماء الإيثانويك

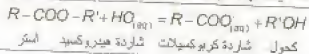
حل: 1/ المجموعتان الوظيفيتان هما: مجموعة الهيدروكسيل OH ومجموعة الكربوكسيل COOH



حمض إيثانويك أسبرين حمض ساليسليك بلا ماء الإيثانويك

II - تغيير متفاعل من أجل إمامة أستر:

1-1. الإمامة الأساسية (القاعدية) للأستر:
هو تفاعل أستر مع شوارد الهيدروكسيد في محلول مركز منه فيؤدي إلى تشكل شاردة كربوكسيلات وكحول وتدعى هذه الإمامة أيضا بتفاعل التصبن، والمعادلة العامة لهذا التحول هي:



2-1. مميزات التصبن

— التحول المرافق يتفاعل بالتصبن تام أي تقدمه النهائي يساوي تقدمه الأعظمي [2=1].
— يكون التفاعل سريعاً بتسخين وسط التفاعل.

2 - الصابون

1-2. طبيعة الصابون: الصابون هو مزيج من كربوكسيلات الصوديوم أو البوتاسيوم صيغته العامة: $(RCOO^- Na^+)$ يمكن أن يكون Na^+ (صابون صلب) أو K^+ (صابون لين).
مسلمة الكربونية R- غير متفرعة تحتوي عموماً أكثر من عشر ذرات كربون،
إن شاردة الكربوكسيلات $(RCOO^-)$ المتواجدة في الصابون هي الأساس المرافق لحمض دسم لأنه يأتي من المواد الدسمة.

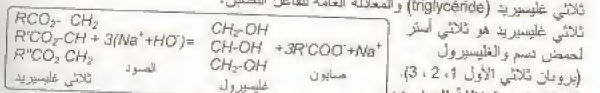
* الحمض الدسم: هو حمض كربوكسيلي ذو سلسلة خطية مشبعة أو غير مشبعة تحتوي على عدد زوجي من ذرات الكربون، كالأمحاض المحتواة في شحوم البقر والأغنام.

$CH_3(CH_2)_7CH=CH(CH_2)_7COOH$	حمض الزيتون (acide oléique)
$CH_3(CH_2)_{16}COOH$	حمض الشمع (acide stéarique)
$CH_3(CH_2)_{14}COOH$	حمض النخل (acide palmique)
كما أن جوز الهند والتمر واللوز غنية بالأمحاض الدسمة المشبعة التالية	
$CH_3(CH_2)_{10}COOH$	حمض اللوريك (acide laurique)
$CH_3(CH_2)_{12}COOH$	حمض الميريستيك (acide myristique)

زيوت الزيتون والفول السوداني والكرز (السلج) تحتوي حمض الزيتون وزيت عباد الشمس يحتوي حمض لينولييك ذاتي صيغته: $CH_3(CH_2)_4CH=CHCH_2CH=CH(CH_2)_7COOH$

2-2. اصطناع الصابون:

يتم اصطناع الصابون بتصبن المواد الدسمة والتي هي مركبات تحتوي وظائف استيرية والتي تدعى ثلاثي غليسريد (triglycéride) والمعادلة العامة لتفاعل التصبن:



3. الخواص المنظفة للصابون:

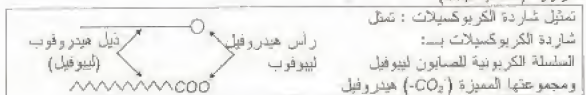
1-3. الميزتان هيدروفيل (hydrophile) وهيدروفوب (hydrophobe):

* يكون الفرد الكيمائي هيدروفيلياً (محباً للماء) عندما يدخل في الماء.
* يكون الفرد الكيمائي هيدروفوباً (غير محب للماء) إذا كان قليل الانحلال في الماء وشديد الانحلال في الطور العضوي. ويطلق على هذه الميزة أيضاً ليوفيل (lipophile) أي محب للشحوم، والصابون هو مزيج من مختلف كربوكسيلات الصوديوم $RCO_2Na_{(aq)}$ أو البوتاسيوم $RCO_2K_{(aq)}$ تحتل في الماء وفق التفاعل: $RCO_2Na_{(aq)} + Na^+_{(aq)}$

— تُشارده الكربوكسيلات المتواجدة في الصابون جزئياً:

* مجموعة الكربوكسيلات $-CO_2^-$ هي مجموعة شاردية تحمل شحنة سالبة تحاط بسهولة بجزيئات الماء القطبية، في هذه المجموعة تحب التماس مع الماء (محب للماء) أي لها ميزة يطلق عليها (هيدروفيل) وليس لهذه المجموعة لفة بالنسبة للسلاسل الكربونية اللاقطية المتواجدة في الشحوم ويطلق على هذه الميزة (lipophobe) (بغاف من الشحوم).

مجموعة الأكيل R-: هو السلسلة الكربونية المكونة لشاردة الكربوكسيلات والتي تحتوي في الغالب على أكثر من 10 ذرات كربون غير قطبية ولا تؤثر في الماء ويطلق على هذه الميزة هيدروفوب (hydrophobe) (محب للشمس)، وفي المقابل فإن السلسلة الكربونية لها لفة كبيرة نحو السلاسل الكربونية الأخرى فيقلل على هذه الميزة لمجموعة الأكيل ليوفيل (lipophile) أي محب للشحوم. يطلق على الأفراد التي تحمل الميزتان هيدروفيل وهيدروفوب أو ليوفيل وليوفوب أفراداً أمفيلية (amphiphile).

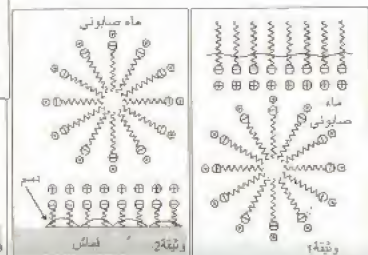
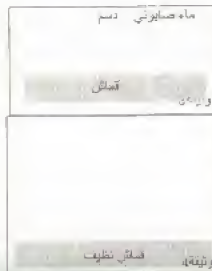


2-3. الخواص المنظفة للصابون:

* تستعمل شوارد الكربوكسيلات في المحلول، فعند سطح المحلول المائي تتكون طبقة رقيقة من الصابون، فالأجزاء الغير محبة للماء هيدروفوب تتوجه إلى الهواء، والأجزاء المحبة للماء هيدروفيل منغمرة في الماء.

* داخل المحلول تتشكل تجمعات من شوارد الكربوكسيلات على شكل شاردة غروية micelle في داخلها تجميع الأجزاء المحبة للشمس (هيدروفوب) وفي الخارج عند التماس مع الماء الأجزاء المحبة للماء وثيقة.

* عندما نغمز قاشقاً ملطخاً بالنسج في ماء صابوني فالأجزاء المحبة للشمس تدخل في بقع الزيت أو النسج متوسعة بشكل كروي فتصبح قطرات النسج محبوسة. هذه التجمعات المشحونة بالسلاسل محايدة بشوارد الصوديوم Na^+ أو بشوارد البوتاسيوم K^+ التي تتنافر بواسطة قوى كهروستاتيكية التي تؤدي إلى تفرق دقائق النسج وثيقة 4، 3، 2.



تمارين

تمرين 5

1. أكمل المعادلات التالية:
 $a. CH_3CH(CH_3)COCl + CH_3CHOH-CH_3 = A + B$
 $b. CH_3CO-O-COCH_3 + CH_3CH(CH_3)CH_2OH = C + D$
 $d. G + H = CH_3CH_2CH_2COOH + CH_3OH$ c. $E + F = CH_3-CH_2COO^- + C_2H_5OH$
 2. ماهو الفرق بين التفاعلين c, d ؟
 الحل:

- a. $A. CH_3CH(CH_3)COOCH(CH_3)CH_3$, B. HCl
 b. $C. CH_3COOCH_2CH(CH_3)CH_3$, D. CH_3COOH
 c. $E. CH_3CH_2COOC_2H_5$, F. H_2O
 d. $G. CH_3CH_2CH_2COOCH_3$, H. H_2O

c. تفاعل إمامة أساسية تام وسريع بالتسخين ، d تفاعل إمامة عادي بطيء ومحدود

تمرين 6

1. عرف المصطلحات التالية: هيدروفييل،
 2. حدد من بين الأنواع التالية التي بإمكانها
 3. اشرح برسوم طريقة تأثير الصابون 4. فسر
 لماذا يكون الصابون قليل الفعالية في:
 الحل:

هيدروفييل	محب للماء	ليوفيل	محب للدم
هيدروفوب	غير محب للماء	ليوفوب	غير محب للدم
أمفي فيل	تعني هيدرو فيل ليوفيل		

1. تعريف المصطلحات:
 2. يرجع إلى الخاصية الأمفي فيلية
 3. أرجع للدرس الخاص بالمنظفة للصابون
 4. a. الوسط الحمضي: تشكل $RCOONa$ b. ماء النحر: تشكل راسب من $RCOONa$
 الماء العسر: تشكل راسب من $(RCOO)_2Ca$ و $(RCOO)_2Mg$
 5. a. لا يوجد فيها الجزء المحب للدم (السلسلة الكربونية) لبيوفيل
 c. لا يوجد فيها الجزء المحب للماء هيدرو فيل.

تمرين 7

1. اكتب صيغها النصف مفصلة
 2. أعط الصيغ نصف مفصلة للمعادلات التي
 يمكن استعملها من أجل تصنيعها
 الحل

1. الصيغ نصف مفصلة:
 $a. CH_3COOCH_2CH_2CH_3$
 $b. CH_3CH_2CH_2COOC_2H_5$
 $c. CH_3CH_2COOCH_2CH_3$

2. الصيغ نصف مفصلة للمعادلات

- a. بلا ماء الإيثانويك: $CH_3CO-O-COCH_3$
 ب. بيوتانويك: CH_3COCl
 ج. كلور الإيثانويك

- b. بلا ماء بيوتانويك: $CH_3(CH_2)_4CO-O-CO(CH_2)_4CH_3$
 ج. كلور البيوتانويك: $CH_3(CH_2)_3COCl$

- c. بلا ماء بروبانويك: $C_2H_5CO-O-COC_2H_5$
 د. أول كلور بروبانويك

1. الإجابة أو الإجابات الصحيحة:

- تفاعل كحول مع كلور الأسيل هو تفاعل: a بطيء b محدود c تام
 تفاعل التصبن هو: a محدود ويطيء b تام وسريع c تام ويطيء
 الصابون يذوب في: a الماء المالح b الماء العذب c الكحول
 في شاردة الكربوكسيلات المحتواة في الصابون مجموعة الكربوكسيلات: a لبيوفيل
 هيدرو فيل c. 1. تام 2. تام وسريع بالتسخين 3. يذوب في الماء العذب 4. هيدرو فيل.

2. الإجابات التالية بصحيح أو خطأ.

- الإمامة الأساسية لأستر تؤدي إلى كلور الأسيل.
 ثلاثيات الغليسريد تحتوي ثلاثة مجموعات أسترية.
 الإمامة الأساسية لأستر هي تفاعل محدود.
 صابون هو مزيج من ثلاثيات الغليسريد.
 الحصول على أستر انطلاقا من كلور الأسيل أسرع منه في حالة حمض كربوكسيلي.
 صابون مكون من أنواع أمفي فيلية.
 pH ماء الصابون أكبر من 7.
 هيدرو فيل يعني محب للدم.

- خطأ b. صحيح c. خطأ d. خطأ e. صحيح f. صحيح g. صحيح h. خطأ

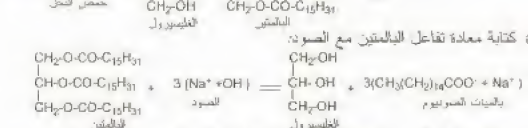
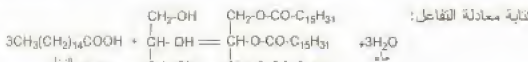
3. عرف المادة للدم

- ما هو الحمض؟
 ماذا تعني الميزة أمفي فيل ؟
 مادة للدم هي مزيج من ثلاثي أستر طبيعي (ثلاثي غليسريد)
 للحمض للدم هو حمض كربوكسيلي ذو سلسلة غير متفرعة عدد ذرات الكربون فيه زوجي
 (أكثر من 22) يمكن أن يحتوي رابطة كائافية ثنائية أو أكثر
 الأفراد التي تمتلك الميزتين هيدرو فيل وليوفيل تدعى أمفي فيلية.
 الصيغة النصف مفصلة لحمض الشمع (حمض أكتاديكانويك) أوكتا ديكا أي أنه يحتوي على 18
 كربون ومنه: $CH_3-(CH_2)_{16}-COOH$

4. أسماء المركبات التالية:

- الحل
 a. كلور الإيثانويك - b. كلور الميثانويك
 c. بلا ماء إيثانويك ميثانويك d. بلا ماء
 إيثانويك بروبانويك e. بروبانوات الصوديوم

نوتر الغليسول $CH_2OHCHOHCH_2OH$ حمض النخل (حمض هكسانديكاتريك) من إعطاء مادة دسمة (البالمين) أكتب معادلة تفاعل البالمين الناتج مع زيادة من محلول دود في وجود الإيثانول .
 اكتب معادلة التفاعل علما أنه يتشكل



يسمى هذا التفاعل بالتصين أو الإماهة الأساسية للتأثير يتكون بلمة تام ومرجع بالتسخين تسخين (رفع درجة الحرارة) مزيج التفاعل هو عامل حركي يزيد من سرعة التفاعل حسب كتلة الصابون الناتج P.

$$n_{\text{pal}} = \frac{m}{M} = \frac{1.10^3}{806} = 1.24 \times 10^3 \text{ mol}$$

معادلة التفاعل فإن: $n_p = 3n_{\text{balmine}}$ ومنه: $n_p = 3 \times 1.24 \cdot 10^3 = 3.72 \cdot 10^3 \text{ mol}$

مردود التفاعل 70% فإن كتلة الصابون:

$$n_p = 3 \times 1.24 \cdot 10^3 \cdot 0.7 = 2.61 \cdot 10^3 \text{ mol}$$

$$m_p' = n_p' \cdot M_p = 2.61 \cdot 10^3 \times 278 = 724$$

2. يؤثر البترين على محلول الصود المركز بالتسخين أكتب معادلة التفاعل وأعط أسماء الناتج.
 3. ما اسم هذا التفاعل وما هي خواصه؟

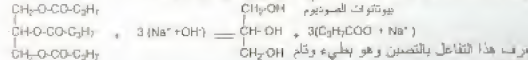
في الزبدة البترين (بيوتنات الغليسول)

دسمة مشتقة من حمض بيوتانويك .

في الوظيفة الكيميائية الموجودة في البترين؟

وظيفة الكيميائية للبترين : بما أن البترين مادة دسمة فهي تحتوي على وظيفة أستيرية .

الإماهة الأساسية لمادة دسمة تعطي صابون وغليسول ومنه



مرف هذا التفاعل بالتصين وهو بلمة ونام CH_2-OH

تخضير بربونات المثل، انطلاقا من حمض كريسيلي ويكون مردود التحول 80%

تخضير بربونات المثل، انطلاقا من حمض كريسيلي ويكون مردود التحول 80%

1. أعط الصيغة المفصلة لربونات المثل.

2. حدد كلور الأسيل والكحول اللذان يسمحان بهذا التحضير.

3. أكتب معادلة التفاعل الموافقة لهذا التحضير.

4. تم التحضير انطلاقا من 1 مول من كل متفاعل، قارن بين التفاعلين واحسب كمية مادة الأستر التي تزيد في التفاعل الثاني عن الأول.

1. صيغة ربونات المثل: $C_{17}H_{35}COOCH_3$

2. الكحول وكلور الأسيل المستعملين في التفاعل هما الميثانول CH_3OH وكلور لربوبانويل

3. كتابة معادلة التفاعل: $C_{17}H_{35}COG + CH_3OH = C_{17}H_{35}COOCH_3 + HCl$

4. مردود التفاعل هو: $r = x_{\text{eq}} / x_{\text{max}} \rightarrow x_{\text{eq}} = r \cdot x_{\text{max}}$

من للتفاعل الأول: $r = 60\% \Rightarrow x_{\text{eq}} = 0.6 \times 1 = 0.6 \text{ mol}$

من للتفاعل الثاني: $r = 85\% \Rightarrow x_{\text{eq}} = 0.85 \times 1 = 0.85 \text{ mol}$

كمية مادة الأستر التي يزيد بها التفاعل الثاني عن التفاعل الأول

$$n = x_{\text{eq}} - x_{\text{eq}} = 0.85 - 0.60 = 0.25 \text{ mol}$$

يمكن احجاز جنول وصفي لتطور التفاعل لتحديد منه x_{max}

تمرين 11

نريد تحقيق تصبين زيت ، من أجل ذلك نسكب في دورق كتلة m من الزيت وحجم $V_0 = 50 \text{ mL}$ من محلول هيدروكسيد الصوديوم تركيزه $C_0 = 2 \text{ mol/L}$ ، يسخن المزيج بوجود أحجار إسقيجة ونعتبر أن التحول قد انتهى (التسخين بالاسترجاع).

تمت معايرة كمية الصود الزائدة في الجملة الكيميائية النهائية بواسطة حمض كلور الماء تركيزه $C_0 = 1 \text{ mol/L}$ بوجود BBT فوجب سكب حجم $V_0 = 4 \text{ mL}$ من الحمض حتى يتحول BBT الأزرق إلى الأصفر. يستخرج الصابون من وسط التفاعل عن طريق الفصل في الماء المالح .

1. الزيت مادة دسمة ماذا تعني المادة الدسمة؟

2. أكتب المعادلة الكيميائية لتصبين الزيت ، سم المتفاعلات والناتج.

3. ماذا يميز الإماهة الأساسية عن الإماهة الكلاسيكية؟

4. نقول أننا أثناء التصبين نحقق مراقبة لتطور الجملة الكيميائية فبر.

5. ما نوع التفاعل الحادث أثناء المعايرة؟

6. احسب كمية مادة شوارد الهيدروكسيد قبل وبعد التصبين.

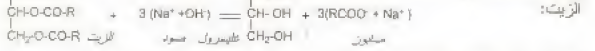
7. أنجز جدولاً وصفيًا لتطور التفاعل واحسب كمية الزيت المتحول إلى صابون وكذلك كتلته

8. $M(\text{زيت}) = 890 \text{ g/mol}$ الموافقة m

الحل:

1. المادة الدسمة هي ثلاثي أسير مشتق من حمض دسم والغليسول.

2. كتابة معادلة تصبين



3. التحول في الإماهة الكلاسيكية بطيء ومحدود وفي الإماهة سريعة وتام.

4. عند استبدال أحد المتفاعلات فإن ذلك يؤدي إلى تغيير التحول الذي يكون أسرع وبمردود أكبر

التحولات النووية

الفيزياء

الوحدة الأولى	التحولات النووية
الوحدة الثانية	تطور الجمل الكهربائية
الوحدة الثالثة	تطور الجمل الميكانيكية
الوحدة الرابعة	الظواهر الاهتزازية
الوحدة الخامسة	ظواهر الانتشار

1. النشاط الإشعاعي	<p>1 - 1 - مكونات النواة.</p> <p>1 - 2 - استقرار وعدم استقرار النواة .</p> <p>1 - 3 - أنواع النشاط الإشعاعي .</p> <p>1 - 4 - التناقص في النشاط الإشعاعي.</p> <p>1 - 5 - تطبيق: التاريخ بالنشاط الإشعاعي.</p>
2. الانشطار النووي والاندماج النووي	<p>نمازين</p> <p>2 - 1 - النقص في الكتلة.</p> <p>2 - 2 - علاقة أينشتاين.</p> <p>2 - 3 - طاقة الربط النووي.</p> <p>2 - 4 - تفاعلات الانشطار والاندماج</p>
3. المفاعلات النووية	<p>نمازين</p> <p>3 - 1 - مبدأ عمل المفاعل النووي.</p> <p>3 - 2 - تأثير المفاعلات على البيئة.</p> <p>3 - 3 - أمن المفاعلات النووية.</p>

1. النشاط الإشعاعي

1-1 مكونات نوية الذرات:

تحتوي نواة الذرة المكونة للعنصر X على $A = Z + N$ نوية ، نسي عدد التكوينات (النويات) A بالعدد الكتلي وعدد البروتونات Z بالعدد الذري. يوجد في الطبيعة حوالي 350 نوع من النوية المختلفة بالإضافة إلى النوية الصناعية التي يستطيع الإنسان تصنيعها في المختبر.

رمز النواة :

يرمز لنواة الذرة بـ A_ZX . مثال : نواة عنصر الصوديوم : ${}^{23}_{11}\text{Na}$ تحتوي ($Z = 11$) بروتون و ($12 = 23 - 11 = N$) نيوترون.

تظهر العنصر :

لها النوية تحتوي نفس العدد من البروتونات Z وتختلف في الرقم الكتلي بسبب اختلافها في عدد النيوترونات وتظهر لها نفس الخواص الكيميائية وتنتمي لنفس العنصر الكيميائي.

تحتوي نويات النظير A_ZX و ${}^{A'}_{Z'}X'$ و ${}^{A''}_{Z''}X''$.. للعنصر X على نفس العدد من البروتونات ، لكنها تختلف في عدد النيوترونات

مثال :

نعتبر النوية الثلاثة التالية : ${}^{12}_6\text{C}$ ، ${}^{13}_6\text{C}$ ، ${}^{14}_6\text{C}$ ماذا نقول عن هذه النوية ؟ ما هو تركيبها ؟

الحل :

النوية الثلاثة لها نفس العدد النكلي (الذري) Z وتختلف في العدد الكتلي A فهي لن تظهر بتميز كلها لنفس عنصر الكربون :

${}^{12}_6\text{C}$ تركيبها : 6 - Z بروتون ، 6 - A = Z = 6 نيوترون
 ${}^{13}_6\text{C}$ تركيبها : 6 - Z بروتون ، 7 - A = Z = 7 نيوترون
 ${}^{14}_6\text{C}$ تركيبها : 6 - Z بروتون ، 8 - A = Z = 8 نيوترون

1-2 استقرار وعدم استقرار النواة - منطقة الاستقرار :

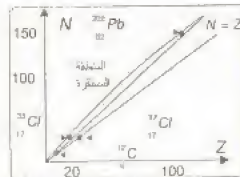
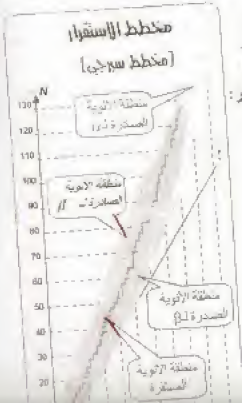
يرجع استقرار وتماسك النواة إلى وجود تفاعل جاذبية قوية بين نكليوتاتها تعد من قوى التفاعل الاكروستاتيكي الناجمة عن البروتونات ، عندما يزداد عدد البروتونات في النواة تختف قوى التفاعل الاكروستاتيكي على التآثيرات الجاذبية النوية فتصبح النواة غير مستقرة وتتحلل لتتحول إلى نوية ثباتية فنقول انها مستقرة.

المخطط التالي بين تغيرات عدد النيوترونات $N = A - Z$ بدلالة عدد البروتونات Z

- بالنسبة للنوية الخفيفة $Z < 20$ تكون النوية مستقرة إذا كان $N = Z$.

إضافة : ${}^{12}_6\text{C}$ مستقر جدا وكذلك ${}^{37}_{17}\text{Cl}$ ، ${}^{35}_{17}\text{Cl}$ مستقران

- بالنسبة للنوية الثقيلة $Z > 20$ عدد النيوترونات أكبر من عدد البروتونات تكون النوية بصفة عامة مستقرة إذا كان : $N = Z + 1.51$ ، $N = Z + 1.52$ ، $N = Z + 1.5$



إذا كان $A > 190$ تكون النوية غير مستقرة. تعطي كتلة النواة أو الذرة بوحدة الكتلة الذرية رمزا u : التي تساوي 1/12 من كتلة ذرة نظير الكربون 12

$$1u = 1.66054 \times 10^{-27} \text{ Kg}$$

نقد بـ Kg و N_A عدد أفوكادرو .

النشاط الإشعاعي :

يمكن لنواة غير مستقرة (الأصلية أو النواة الأب) أن تتفكك تلقائيا وعشوائيا معطية نواة أخرى (متولدة أو النواة الابن) مصدرة جسيمات α ، β ، γ ونشعاعات γ فهي لن نواة مشعة. التفاعل النووي التلقائي يمكن أن نتمخذه بمعالجة برأي فيها القانونين التاليين :
- المجموع العددي لشحانات النوية المشكلة يساوي المجموع العددي لشحانات النوية المتفككة.
- المجموع العددي لتكديونات النوية المشكلة يساوي المجموع العددي لتكديونات النوية المتفككة.

النشاط الإشعاعي : هو تفكك تلقائي وعشوائي لنوية غير مستقرة مع إعطائنا دقائق وفوتونات

1-3 أنواع النشاط الإشعاعي :

A - النشاط الإشعاعي α :

تصدر النوى الثقيلة وغير المستقرة دقائق α (نوية الهيليوم ${}^4_2\text{He}$) : ${}^A_ZX \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^4_2\text{He}$

تسمى نواة الأصلية A_ZX ، ${}^{A-4}_{Z-2}Y$ تسمى نواة متولدة في وضعية مثارة.

أمثلة : ${}^{210}_{84}\text{Po} \rightarrow {}^{206}_{82}\text{Pb} + {}^4_2\text{He}$

- الحفاظ عدد التكدونات : $210 = 206 + 4$

- الحفاظ العدد الشحني : $84 = 82 + 2$

تتبع α بسرعة 20 000 Km/s ويمكن إيقافها بورقة بسيطة.

B - النشاط الإشعاعي β (e^-) :

يحدث هذا النشاط الإشعاعي للنوية A_ZX والتي تحتوي على عدد كبير من النيوترونات بالنسبة لعدد البروتونات ، ويفسر هذا الانعكاش بتحول النيوترون إلى بروتون

إلى بروتون والكربون (e^-) حسب التفاعل :

$$n \rightarrow p + e^-$$

النواة المتولدة (الابن) تحتوي على بروتون أكثر من النواة الأصلية ، خلال هذا التفكك تنبعث شععة β (e^-)

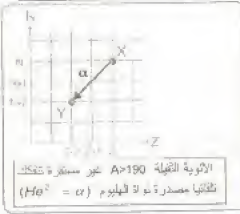
$${}^A_ZX \rightarrow {}^A_{Z+1}Y + e^-$$

$${}^{60}_{27}\text{Co} \rightarrow {}^{60}_{28}\text{Ni} + e^-$$

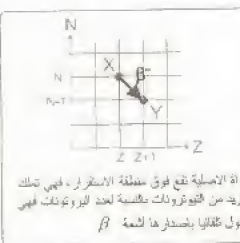
مثال :

C - النشاط الإشعاعي β (e^+) :

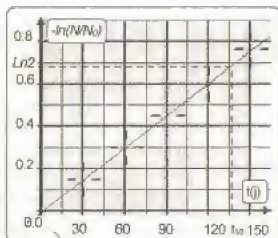
يحدث هذا النشاط لنوية A_ZX والتي تحتوي على عدد كبير من البروتونات بالنسبة لعدد النيوترونات ، ويفسر هذا الانعكاش بتحول البروتون إلى نيوترون



النوية الثقيلة $A > 190$ غير مستقرة تتفكك تلقائيا مصدرة نوية هيليوم (α) (He^2+)



النواة الأصلية تقع فوق منطقة الاستقرار ، فهي تلك المزيد من النيوترونات بالنسبة لعدد البروتونات فهي تتحول تلقائيا بإصدار شععة β



إكمال الجدول باستخدام العلاقة $-\ln(N/N_0)$

البيان الناتج خط مستقيم معادلته

$a = 5.10^{-3}$ حيث $-\ln(N/N_0) = at$

علاقة $N(t) = N_0 e^{-at}$ ومنه: $N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$

بالمطابقة فإن ثابت النشاط الإشعاعي $a = \lambda$ ومنه:

$\lambda = 5.0 \times 10^{-3} \text{ jours}^{-1}$

$r = 1/\lambda = 1/5.10^{-3} = 200 \text{ jours}$ و

مدة نصف العمر لدينا: $\ln 2 = 0.69$ ومن البيان

نجد: $t_{1/2} = 138 \text{ jours}$

تمرين 4

ورد في مقال صحفي المعلومات التالية:

صنعت يوم 2 أوت 1999 طرد بريدي من البود 131 المشع باتجاه المركز الطبي للمدينة ولم يعثر عليه حتى يوم 1 أكتوبر 1999. يقرر النشاط الإشعاعي للطرد يوم 2 أوت 1999 بـ $2.6 \cdot 10^6 \text{ Bq}$

1/ البود ^{131}I يتفكك إلى Xe غير مثالي ويتبع منه شحنة β اكتب معادلة التفكك.

2/ عرف مدة نصف العمر $t_{1/2}$ والنشاط $A(t)$ لعينة مشعة. ما هي العلاقة التي تربط بين $A(t)$ و $t_{1/2}$ والعدد $N(t)$ للأنوية المشعة في العينة في اللحظة t .

3/ علما أن مدة نصف العمر للبود 131 هو 8.1 يوم، ما هو نشاط العينة في 1 أكتوبر 1999 أي بعد 60 يوم من صنعها؟

4/ علما أنه من خلال فحص طبي يجب حقن المريض بكمية تقدر بـ $4 \cdot 10^6 \text{ Bq}$ هل يمكن أن نستعمل عينة الطرد في 1/10/1999 لعلاج المريض؟

5/ احسب كتلة البود المشع المحتواة في عينة الطرد يوم 1999/08/2. $N_0 = 6.02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$; $M(I) = 131 \text{ g/mol}$

الحل

1/ كتابة معادلة التفكك: البود يعطي إشعاع β فإتوة البود تكتسب بروتون وتتحول إلى ^{131}Xe

المستقر حسب التفاعل: $^{131}_{53}\text{I} \rightarrow \beta + ^{131}_{54}\text{Xe} + \gamma$

2/ تعريف نصف العمر: هو الزمن اللازم لكي تصبح $N(t) = N_0/2$

والنشاط $A(t)$ بالتعريف هو: $A(t) = -dN/dt = \lambda N_0 e^{-\lambda t} = A_0 e^{-\lambda t}$

العلاقة بين $A(t)$ و $t_{1/2}$ والعدد $N(t)$ لدينا: $A(t) = \lambda N(t)$

3/ نشاط العينة في 1 أكتوبر: النشاط $A(t)$ عند $t_{1/2}$ هو: $A(t_{1/2}) = \frac{\ln 2 N(t_{1/2})}{t_{1/2}} = \frac{A_0}{2}$

يقسم النشاط على 2 كلما مر زمن نصف العمر ومدة 60 يوم تقابل $60/8.1 = 7.4$

مرة نصف العمر ومنه: $A(t) = \frac{A_0}{2^{7.4}} = \frac{2.6 \cdot 10^6}{2^{7.4}} = 1.5 \cdot 10^7 \text{ Bq}$

4/ العينة الباقية أكبر من $4 \cdot 10^6 \text{ Bq}$ إذن فهي تكفي لفحص المريض.

التعريف: $\lambda = \ln 2 / t_{1/2}$ ومنه: $N(t) = A(t) \cdot t_{1/2} / \ln 2$ وعدد مولات الأنوية المشعة هو:

$$m = n(t) M_1 = \frac{A(t) \cdot t_{1/2} \cdot M_1}{N_A \ln 2} = 5.7 \times 10^{-3} \text{ g}$$

كتلة أنوية البود 131 هي: $n(t) = N(t) / N_A$

تمرين 5

1/ البود 131 هي نواة مشعة فترة نصف عمرها

8.0 يوم قانون التناقص للعدد المتوسط $N(t)$

أنوية في عينة مشعة هو: $N = N_0 e^{-\lambda t}$

أعط تعريف مدة نصف العمر $t_{1/2}$.

ما هي العلاقة الموجودة بين $t_{1/2}$ و λ ؟

احسب قيمة λ .

3- عينة نشاطها $A = 1600 \text{ Bq}$

a. ما هو عدد التفككات في الثانية؟

b. ما العلاقة الموجودة بين النشاط A والعدد المتوسط $N(t)$ للأنوية؟

احسب قيمة $N(t)$ في وقت القياس.

حل:

تعريف مدة نصف العمر: هو الزمن اللازم لكي تصبح $N(t) = N_0/2$

العلاقة الموجودة بين $t_{1/2}$ و λ وحساب قيمة λ

$$N = N_0 e^{-\lambda t} \rightarrow \lambda t = \ln(N_0/N) \rightarrow t_{1/2} = \ln 2 \rightarrow \lambda = \ln 2 / 8.02 \times 24 \times 3600 = 1 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$$

a. عدد التفككات في الثانية هو 1600 تفكك في الثانية لأن 1 بيكريل يمثل تفككا واحدا في الثانية

العلاقة بين A والعدد المتوسط $N(t)$ وحساب قيمته: $A = \left| \frac{dN}{dt} \right| = \lambda N_0 e^{-\lambda t} = \lambda N(t)$

$$N(t) = \frac{A(t)}{\lambda} = \frac{1600}{1.0 \cdot 10^{-6}} = 1.60 \cdot 10^9$$

تمرين 6

1) احسب مدة نصف عمر هذا العنصر.

2) ما هي المدة الزمنية اللازمة لبقاء 4%

حل:

حساب مدة نصف العمر $t_{1/2}$ لدينا:

$$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}, N = N_0 e^{-\lambda t} \rightarrow \frac{N}{N_0} = e^{-\lambda t} \rightarrow \ln \frac{N}{N_0} = -\lambda t \rightarrow t_{1/2} = \frac{t \cdot \ln 2}{\ln(N_0/N)}$$

$$\frac{N}{N_0} = \frac{10}{100} \rightarrow \frac{N_0}{N} = 10 \rightarrow t = 3h20 \text{ min} = 3.33h \rightarrow t_{1/2} = \frac{3.33 \ln 2}{\ln 10} = 3.33h$$

حساب المدة الزمنية لبقاء 1% من الذرات:

$$\text{لدينا: } \frac{N_0}{N} = 100 \rightarrow \frac{N}{N_0} = \frac{1}{100} \rightarrow \frac{N}{N_0} = e^{-\lambda t} \rightarrow t = \frac{\ln(N_0/N)}{\lambda} = \frac{\ln 100.0}{0.69} = 6.67h$$

تمرين 7

1- احسب نشاط هذه المادة.

2- ما عدد الأنوية المشعة في المادة.

3- ما عدد الأنوية المشعة الباقية بعد $t = 30 \text{ s}$

4- ما نشاط هذه المادة عند $t = 30 \text{ s}$

5- احسب ثابت النشاط الإشعاعي لهذه المادة

6- احسب نسبة البقاء بعد $t = 30 \text{ s}$

الحل

1. حساب ثابت النشاط الإشعاعي: لدينا: $\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} = \frac{0.693}{10} = 0.0693 \text{ s}^{-1}$
2. حساب النشاط: A : النشاط هو عدد التفتكات خلال ثانية واحدة: $A = 2.10^7 \text{ Bq}$
3. عدد الأنوية المشعة: لدينا: $A = \lambda N$ عند الأنوية المشعة
4. نواة $N_0 = A / \lambda = 2.10^7 / 0.0693 = 2.9.10^8$
5. عند $t = 30 \text{ s}$ عدد الأنوية المشعة الباقية بعد $t = 30 \text{ s}$ حيث $N = N_0 e^{-\lambda t}$ لدينا: $N = 2.9.10^8 e^{-0.0693 \times 30} = 3.6.10^7$ وعند $t = 30 \text{ s}$ يبقى: $N(30) = 2.9.10^8 e^{-0.0693 \times 30} = 3.6.10^7$
6. النشاط الجديد المادة: $A = \lambda N = 6.93.10^{-2} \times 3.6.10^7 = 2.5.10^6 \text{ Bq}$

تمرين 8

1. نظير البوتاسيوم $^{40}_{19}\text{K}$ مشع بتفتك ويعطي الأرجون $^{40}_{18}\text{Ar}$ يكتب معادلة التفتك.
2. احسب ثابت النشاط الإشعاعي إذا كان نصف عمر $^{40}_{19}\text{K}$ هو $t_{1/2} = 1.5.10^9 \text{ ans}$
3. من أجل تحديد عمر أحجار قميرية جلبها رواد أبولو 11 تقيس كمية البوتاسيوم $^{40}_{19}\text{K}$ المحتوي في الحجر. تحتوي عينة كتلتها 1 g على 82.10^{-4} mol من الأرجون $^{40}_{18}\text{Ar}$ و $1.66.10^{-6} \text{ g}$ من البوتاسيوم $^{40}_{19}\text{K}$ حجوز الغارات مقاسة في الشريطون النظائرين ونذكر أن الأرجون غاز أحادي الذرة ما عمر هذه الأحجار؟

$$N_A = 6.02.10^{23} \text{ mol}^{-1}, V_M = 22.4 \text{ L/mol}$$

الحل

1. كتابة معادلة التفتك: $^{40}_{19}\text{K} \rightarrow ^{40}_{18}\text{Ar} + ^0_{-1}\text{e} + \bar{\nu}_e$
2. حساب ثابت النشاط الإشعاعي: $\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} = \frac{0.693}{1.5.10^9} = 4.62.10^{-10} \text{ ans}^{-1}$
3. عمر الأحجار القمرية: ليكن N_0 عدد ذرات $^{40}_{19}\text{K}$ في 1 g فيبقى N في اللحظة t ، وينتج $N_0 - N$ ذرة أرجون حيث: $N_A = N_0 e^{-\lambda t}$ ومن جهة أخرى فإن N_0 هي مجموع N ذرة بوتاسيوم المتبقية و $N_0 - N = N_A$ باقية $N = \frac{1.66.10^{-6}}{40} N_A = 4.15.10^4 N_A$ ومنه: $N_0 = 4.075.10^7 N_A = 3.66.10^7 + 4.15.10^4 N_A$ ويكون $N/N_0 = e^{-\lambda t} \rightarrow \ln N/N_0 = -\lambda t$ فلن: $N = N_0 e^{-\lambda t}$ ومن قانون التناقص: $\ln \frac{4.15.10^4}{4.075.10^7} = -4.62.10^{-10} t \rightarrow -2.284 = -462.10^{-10} t \rightarrow t = 4.94.10^9 \text{ ans}$

تمرين 9

- يصدر نظير الأستات المشع $^{131}_{53}\text{I}$ دقة α .
1. اكتب معادلة تفتك التفتك الموقفة، أعط تركيب النواة المتولدة ورمزها يعطى:
 2. ما عدد الذرات المشعة N_0 المحتواة في كتلة m_0 عن نظير $^{131}_{53}\text{I}$

في عدي: $m_0 = 10^{-6} \text{ g}$, $N_A = 1.66.10^{24}$

يبدأ في اللحظة $t = 0$ عينة تحتوي N_0 من أنوية $^{131}_{53}\text{I}$ المشع وفي اللحظة t يحدد العدد N من الأنوية غير متفتكة فتحصل على:

$t(h)$	0	4	6	10	15	20
N/N_0	1	0.68	0.56	0.38	0.23	0.14

الملاحظات التالية:

الميل $\ln(N/N_0) = f(t)$ واستنتج ثابت النشاط الإشعاعي ونصف عمر $^{131}_{53}\text{I}$.

حسب عدد دقائق α المنبعثة خلال الساعة الأولى لتفتك إذا كانت الكتلة الابتدائية للعينة $m_0 = 10^{-6} \text{ g}$

معادلة تفتك نواة الأستات: لدينا: $^{131}_{53}\text{I} \rightarrow ^{131}_{54}\text{X} + ^0_{-1}\text{e} + \bar{\nu}_e$ ولتعيين $^{131}_{54}\text{X}$ نستعمل قوانين الإحتفاظ

لحفظ الشحنة: $83 = 2 + Z \rightarrow Z = 81$ ، لحفظ عدد النويات: $211 = 4 + A \rightarrow A = 207$

$^{131}_{53}\text{I} \rightarrow ^{207}_{81}\text{Bi} + ^0_{-1}\text{e} + \bar{\nu}_e$ ونه معادلة التفتك: $^{207}_{81}\text{Bi}$ ونه معادلة التفتك: $^{207}_{81}\text{Bi} \rightarrow ^{207}_{82}\text{Pb} + ^0_{-1}\text{e} + \bar{\nu}_e$

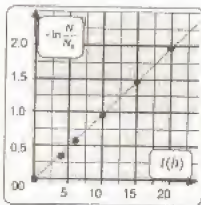
عدد النويات المشعة في الكتلة m_0 :

حساب N_0 : لدينا: كتلة النواة ذات العدد الكتلي A هي: $m = A m_p$

لذلك: وحدة الكتل الذرية ويكون عدد الأنوية في الكتلة m_0 هو: $N_0 = \frac{m_0}{m} = \frac{m_0}{A m_p}$

$$N_0 = \frac{10^{-6}}{211 \times 1.66.10^{-24}} = 2.85.10^{18}$$

$t(h)$	0	4	6	10	15	20
$-\ln(N/N_0)$	0	0.35	0.58	0.96	1.47	1.97



القيم المعطاة في التمرين تمكننا من إيجاد الجدول التالي:

الميل $\ln(N/N_0) = f(t)$ واستنتج ثابت النشاط الإشعاعي ونصف عمر $^{131}_{53}\text{I}$.

من معادلتنا: $\lambda = -\ln \frac{N}{N_0}$ وميله λ ومنه: $\lambda = \frac{1.47 - 0}{15 - 0} = 0.1 \text{ h}^{-1}$

نصف العمر: $t_{1/2} = \ln 2 / \lambda = 0.693 / 0.1 = 6.93 \text{ h}$

عدد دقائق α المنبعثة هو $N_0 - N$ من أنوية $^{131}_{53}\text{I}$

$N_A = N_0 - N = N_0 - N_0 e^{-\lambda t}$

في اللحظة $t = 1 \text{ h}$ لدينا $N_0 = 2.85.10^{18}$ ومنه: $N = 2.85.10^{18} (1 - e^{-0.1}) = 2.71.10^{17}$

تمرين 10

- صدر الفوسفور المشع $^{32}_{15}\text{P}$ دقة β^-
- اكتب معادلة التفتك متنبها بالجدول الدوري من أجل تحديد النواة المتولدة.
- نصف عمر الفوسفور $^{32}_{15}\text{P}$ يساوي 14.3 يوم ، أوجد العلاقة التي تربط نصف العمر $t_{1/2}$ بـ ثابت النشاط الإشعاعي λ ، وأحسبه.
- أعط عبارة النشاط الإشعاعي A لعينة من الأنوية المشعة التي تحتويها.
- احسب كتلة العينة من $^{32}_{15}\text{P}$ والتي نشاطها $1.2 \times 10^{16} \text{ Bq}$
- أعط التركيب الكتلي لهذه العينة بعد 30 يوم؟ $N_A = 6.02.10^{23} \text{ mol}^{-1}$

ينتج تقال نووي الفلير 24 للصوديوم الذي مدة نصف عمره هو 15h.

1- ما هو الزمن اللازم لبقاء 1% من هذا النظير؟

2- ما هي النسبة المئوية المتبقية بعد 6 أيام؟ وما هي المدة الزمنية لبقاء 1/1000؟

حل:

(1) المدة الزمنية لبقاء 1% من النظير ^{24}Na :

$$N = N_0 e^{-\lambda t} \rightarrow \frac{N}{N_0} = e^{-\lambda t}, \lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} \rightarrow \ln \frac{N}{N_0} = -\lambda t = -\frac{\ln 2}{t_{1/2}} \cdot \frac{N_0}{N} = 1$$

$$t = \frac{t_{1/2} (\ln N_0 / N)}{\ln 2} = \frac{15 \ln 100}{\ln 2} = 99h = 4 \text{ jours } 3.7h$$

(2) النسبة المئوية المتبقية بعد 6 أيام:

$$\ln \frac{N_0}{N} = \lambda t, t = 6j = 6 \times 24 = 144h = 9.6 t_{1/2}$$

$$\ln \frac{N_0}{N} = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} t = \frac{\ln 2 \cdot 144}{15} = 2.89 \rightarrow \frac{N}{N_0} = 1.29 \times 10^{-3} = 0.129\%$$

بعد حوالي 10 $t_{1/2}$ يبقى فقط $\frac{1}{1000}$ من نوات الصوديوم 24.

لاحظ عند قف التخليق X بالذائق α يحدث التفاعل التالي: $X + \alpha \rightarrow ^{22}\text{Na} + n$ نظير 22 للصوديوم مشع ويصدر البوزيترونات وفق التفاعل التالي: $^{22}\text{Na} \rightarrow \beta^+ + Y + ^0_1\nu$

1- حدد التخليق المستقر X ، Y .

2- نزل 20mg من الصوديوم (فلير 22) الذي نشاطه 17.7×10^{11} تفكك في الثانية. احسب ثابت النشاط الإشعاعي λ لـ ^{22}Na وأيضا نصف عمره.

$$N_A = 6 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}, 1an = 3.16 \times 10^7 s, S_{Gr} = 35.5 \text{ g/mol}^{-1}, M_{Na} = 22 \text{ g/mol}^{-1}$$

الحل:

(1) التخليق المستقر X ، Y :

$$A + 4 = 22 + 1 \rightarrow A = 19, ^4_2\text{He} + ^{22}_{11}\text{Na} \rightarrow ^{22}_{11}\text{Na} + ^4_2\text{He}$$

$$^{22}_{11}\text{Na} \rightarrow ^{22}_{10}\text{Ne} + ^0_1\nu + \beta^+ \text{ ومنه } Z + 2 = 11 + 0 \rightarrow Z = 9$$

$$^{22}_{11}\text{Na} \rightarrow ^{22}_{10}\text{Ne} + ^0_1\nu + \beta^+ \text{ ومنه } 22 = A + 0 \rightarrow A = 22$$

$$11 = Z + 1 \rightarrow Z = 10$$

$$^{22}_{10}\text{Ne}$$

(2) حساب ثابت النشاط الإشعاعي λ لـ ^{22}Na وأيضا مدة نصف عمره:

عدد نوات الصوديوم المتولدة في 20mg من كلور الصوديوم:

$$n = \frac{m}{M_{NaCl}} = \frac{20 \times 10^{-3}}{22 + 35.5}$$

$$N = n N_A = \frac{20 \times 10^{-3}}{57.5} \times 6 \times 10^{23} = 2 \times 10^{20}$$

1. كتية معادلة التفكك: التفكك β^- يوفقه انبعاث الكرون وضد نيوترونو والنواة $^A_Z X$ ومنه

$$^A_Z X + \beta^- + ^0_{-1}e \rightarrow ^A_{Z-1} X + \beta^- + ^0_{-1}e$$

$32 = A + 0 \rightarrow A = 32$ من تحفاظ الشحنة ، $16 = Z - 1 \rightarrow Z = 15$ ومنه النواة الناتجة

$$^{32}_{15}P \rightarrow ^{32}_{16}S + \beta^- + ^0_{-1}e$$

2. العلاقة بين $t_{1/2}$ ، λ : لدينا: $N = N_0 e^{-\lambda t}$

نصف العمر هو المدة الزمنية والتي من أجلها $N = N_0 / 2$ ومنه: $N = N_0 e^{-\lambda t_{1/2}}$

$$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} = \frac{0.693}{14.3} = 0.0485 \text{ s}^{-1} = 4190 \text{ s}^{-1} \leftarrow 0.5 = e^{-\lambda t_{1/2}} \rightarrow \ln 2 = \lambda t_{1/2}$$

a. 3. علة النشاط الإشعاعي A : لدينا: $A(t) = dN(t)/dt$ ومنه: $A = \lambda N(t)$

$$b. \text{ حساب كتلة العينة التي نشاطها } 1.2 \cdot 10^{16} \text{ Bq} : 1.2 \cdot 10^{16} = 2.138 \cdot 10^{22} = \frac{A_0}{\lambda} = \frac{1.2 \cdot 10^{16}}{5.61 \cdot 10^{-7}}$$

وتكون كمية المادة الموافقة لها:

$$n = \frac{N}{N_A} = \frac{2.138 \times 10^{22}}{6.02 \times 10^{23}} = 3.55 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

$$\text{ولدينا: } n = m / M_p \rightarrow m = n \cdot M_p = 3.55 \cdot 10^{-2} \times 32 = 1.137 \text{ g}$$

c. التركيب الكتلي بعد 30 يوم: يعطى عدد الأنوية المتبقية بعد 30 يوما بالعلاقة:

$$N/N_0 = e^{-\lambda t} \rightarrow N/N_0 = e^{-\lambda t} \text{ حيث } \lambda = 0.0485 \text{ f}^{-1} \text{ ومنه: } N/N_0 = 0.233$$

من أجل كل نواة متفككة تظهر نواة من الكيريت فتركيب المزيج من الأنوية هو:

$$^{32}_{16}P = 23.3\%, ^{32}_{16}S = 76.7\%$$

وبما أن كتل الأنوية متساوية تقريبا فالمزيج الكتلي له تقريبا نفس التركيب الكتلي الموي.

تمرين 11

1. اكتب معادلة التفكك.

2. تم أخذ عينة من فحم نقي كتلتها m ووجدت في

كهف نشاطها 1175Bq ما عصر القطعة التي عثر

عليها في الكهف علما أن نشاط كتلة مساوية لها في

الوقت الحاضر هو 5875Bq $\pm 570ans$

الحل

$$1. \text{ معادلة التفكك: } ^{14}_6C \rightarrow ^{14}_7N + \beta^- + ^0_{-1}e + \gamma$$

$$2. \text{ عمر القطعة التي عثر عليها في الكهف: لدينا: } \lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} = \frac{0.693}{5570} = 1.24 \times 10^{-4} \text{ an}^{-1}$$

$$\ln \frac{A_0}{A} = \lambda t \leftarrow A = A_0 e^{-\lambda t} \rightarrow A/A_0 = e^{-\lambda t}$$

$$t = \frac{\ln A_0 / A}{\lambda} = \frac{\ln 5875 / 1175}{1.24 \times 10^{-4}} = \frac{\ln 5}{1.24 \times 10^{-4}} = 13000 \text{ ans}$$

ولدينا: $A_0 = \lambda N_0 \rightarrow A = \frac{A_0}{N_0} = \frac{17.7 \times 10^{11}}{2 \times 10^{20}} = 8.85 \times 10^{-9} \text{ s}^{-1}$

ويكون مدة نصف العمر: $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0.69}{8.85 \times 10^{-9}} = 7.8 \times 10^7 \text{ s}$ أي: $t_{1/2} = 2.47 \text{ ans}$

تمرين 14

عنصر الكسبيوم $^{99}_{43}\text{Tc}$ مصدر إشعاعات γ المستعملة في التصوير الطبي بالرسم الطبقي (أو أسلوب يسمح بأخذ الصورة السلبية *clické* للتصاميم العضوية) بأكثف كاشف أميرا - قاسا. مدة نصف عمره هو 6.01 ساعة، تحتوي عينة منه على أنوية مشعة لها نشاط يساوي 130 Bq عند $t = 0$.

1- ماهي علاقة النشاط الإشعاعي $A(t)$ لهذه العينة وعلاقة العدد المتوسط للأنوية المشعة $N(t)$ بالزمن t ؟

2- عرف مدة نصف العمر $t_{1/2}$ ، عين قيمتي ثابت الزمن τ وثابت النشاط الإشعاعي λ .

3- ما هو الزمن الذي يقل فيه النشاط إلى الربع؟

4- احسب العدد المتوسط N_0 للأنوية المشعة عند $t = 0$.

b- احسب العدد المتوسط للذرات بعد ستة أشهر الاستنتاج.

الحل:

1. العلاقات هما: $A(t) = \lambda N(t) \leftarrow A(t) = A_0 e^{-\lambda t}$, $N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$

2. تعريف مدة نصف العمر: هو الزمن اللازم كي تصبح $N(t) = N_0/2$ يصبح $\lambda t_{1/2} = \ln 2$, $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$ لدينا: $\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$

ومنه: $\lambda = \frac{\ln 2}{6.01 \cdot 3600} = 3.204 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-1}$, $\tau = \frac{1}{\lambda} = 31214 \text{ s} = 8.67 \text{ h}$

3. عندما يقل النشاط إلى الربع فإن: $t = 2t_{1/2} = 12.02 \text{ h}$ والنشاط يقسم على 4

وعندما يقل النشاط إلى الثمن فإن: $t = 3t_{1/2} = 18.03 \text{ h}$ والنشاط يقسم على 8

4. احسب العدد المتوسط N_0 للأنوية المشعة عند $t = 0$

$N_0 = \frac{A_0}{\lambda} = \frac{130}{3.204 \cdot 10^{-5}} = 4,057 \cdot 10^9$

احسب العدد المتوسط للذرات بعد ستة أشهر: $N = N_0 e^{-\lambda t} = 4,06 \cdot 10^9 \exp \left(-\frac{\ln 2 \cdot 180.24}{6.01} \right) < 1$

الاستنتاج: هذا العدد أقل من 1 فليس له معنى فالعينة لا تحتوي على أية نواة مشعة.

تمرين 15

النكليد	^{137}Cs	^{106}Ru	^{144}Ce
النشاط Bq	$5.5 \cdot 10^4$	$7.6 \cdot 10^8$	$2.9 \cdot 10^5$
الزمن	30 سنة	1.0 سنة	0.80 سنة

1. احسب النشاط الكلي لهذه العينة.

2. كيف يصبح نشاط كل إشعاع لهذه العينة عام 2008؟ استنتج النشاط الكلي لهذه العينة في هذا الزمن.

الحل:

1. النشاط الكلي هو مجموع النشاطات: $A = (5.5 + 7.6 + 29) \cdot 10^4 = 42,1 \cdot 10^4 \text{ Bq}$

2. نشاط كل إشعاع لهذه العينة عام 2008 م: بالنسبة لكل عنصر مشع فإن:

$A(t) = A_0 \exp(-\lambda t) = A_0 \exp \left(-\frac{\ln 2 \cdot t}{t_{1/2}} \right)$ ومنه $A(t) = A_0 \exp \left(-\frac{\ln 2 \cdot t}{t_{1/2}} \right)$

$A(\text{Ru}) = 7,6 \cdot 10^4 \exp \frac{-\ln 2 \cdot 22}{1} = 7,2 \cdot 10^2 \text{ Bq}$

$A(\text{Ce}) = 2,9 \cdot 10^5 \exp \frac{-\ln 2 \cdot 22}{0.8} = 1,8 \cdot 10^3 \text{ Bq}$

في هذا الزمن يعود أساسا إلى السيزيوم ويساوي $3,3 \cdot 10^4 \text{ Bq}$

16

من البيروموت المشع ^{212}Bi ينتج عنها ^{208}Tl و ^{208}Pb في 5 ثواني وتفككا بعلي ثنائيم ^{208}Tl نصف عمره $t_{1/2} = 60 \text{ min}$ اكتب معادلة التفاعل النووي الحادث. ما نوع هذا النشاط الإشعاعي؟

a. احسب نشاط العينة عند الزمن القياس. b. كيف يصبح النشاط بعد ساعة من الزمن؟ وبعد 10 ساعات؟ c. ما عدد الأنوية الابتدائية المشعة الموجودة في العينة؟ يعطى: $\ln 2 = 0.7$, $2^{10} = 1024$



تتعلق هذا النشاط بإصدار شععة α مصحوبة بشععة γ لأن الرقم الذري نقص بوحنتين والرقم ي - ب 4 وحداث.

احسب نشاط العينة لحظة القياس: $A_0 = \frac{2.10^{10}}{5} = 4.10^{10} \text{ Bq}$

من قانون تنكس النشاط الإشعاعي، فالنشاط يقسم على 2 خلال كل $t_{1/2} = 60 \text{ min} = 1 \text{ h}$

بالتالي: $A(t) = \frac{A_0}{2} = 2 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$, $A(10 \text{ h}) = \frac{A_0}{2^{10}} = \frac{4.10^{10}}{1024} = 4.10^7 \text{ Bq}$

عدد الأنوية الابتدائية المشعة: النشاط A يتناسب مع عدد الأنوية المشعة N ومنه: $N_0 = \frac{A_0}{\lambda} = \frac{A_0 \cdot t_{1/2}}{\ln 2} = \frac{4.10^{10} \times 3600}{0.7} = 2,1 \cdot 10^{10}$ ومنه: $\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$

تمرين 17 - التاريخ بالكربون 14

ول الأوت ^{14}C في الطبقات العليا من الجو إلى الكربون ^{14}C المشع تحت تأثير القذف الكوني وتفكك كبرون 14 بعلي الأوت 14.

اكتب معادلات حصيلة التفاعلات النووية.

وجدت قطعة من الخشب من العهود القديمة في مغارة وتمطي 212 تفككا خلال دقيقة.

بينة أخرى محضرة لها نفس الكتلة من الكربون تعطي 1350 تفككا من خشب حديث في النقيفة، ما كتلة الخشب القديمة إذا كانت مدة نصف عمر كبرون 14 هي 5590 سنة؟

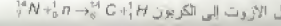
تكون النسبة $r = \frac{\text{nombre d'atomes de carbone } 14}{\text{nombre d'atomes de carbone } 12}$ ثابتة وتساوي 10^{-12} .

الوفاة تنقص هذه النسبة لأن الكبرون المشع لا يتجدد ويوجد في دراسة لن $r = 0.25 \times 10^{-12}$ ما الزمن الذي مضى على وفاة هذا الكائن الحي الموافق لهذه الحفريات؟

فسر لماذا لا يستعمل كبرون 14 في تأريخ الحوادث التي ترجع إلى مليارات السنين؟

الحل:

كتابة معادلات التفاعلات النووية:



— احسب مدة نصف العمر $t_{1/2}$ للكوبالت.

— النقيطة β تبعث بطاقة حركية قرها 5.10^{-14} J هذه النفاثات تنص من طرف النسيج البشري

ما هي الاستطاعة المتحولة في النسيج البشري من أجل منبع إشعاعي قدره $46,1.10^{17} \text{ Bq}$

ل: هل هذه الإشعاعات خطيرة على الأنسجة الحية؟

— النقيطة المنبعثة هي الكرتون ^{90}Sr

— الانشعاع الأكثر مغناطيسي المنبعث: هو انشعاع γ وهو غير مرئي.

كتابة معادلات تفكك الكوبالت: $^{60}\text{Co} \rightarrow ^{60}\text{Ni} + ^0_1\text{e}$ و $^{60}\text{Co} \rightarrow ^{60}\text{Ni} + ^0_1\text{e}$

جد الحفاظ في الثوابت: 60 ± 60 وحفاظ في الشفط: $27-128$

نواة المتولدة غير مستقرة تصدر إشعاعات: γ ثم تستقر $^{60}\text{Ni} \rightarrow ^{60}\text{Ni} + \gamma$

حساب فترة نصف العمر: $t_{1/2} = \ln 2 / \lambda = 0.69 / 4,17.10^{-6} = 1,66.10^5 \text{ s} = 527 \text{ ans}$

— الاستطاعة المتحولة إلى النسيج البشري: الأكثر ونات تنص من طرف الأنسجة لطاقتها الحركية

تول إلى طاقة داخلية في الأنسجة فانشعاط يوافق $6,1.10^{17}$ تفكك في الثانية أي $6,1.10^{17}$ إلكترونات

ت في الثانية وتكون الاستطاعة المتحولة هي: $3.10^4 \text{ W} = 6,1.10^{17} \times 5,0.10^{-14}$

هذه الاستطاعة كبيرة جدا فهي تسبب حرقا ، وبالتالي فالأكتر تفكك يمكنها أن تغير من طبيعة

بنايت النسيج وتحدث أفات خطيرة جدا.

ين: 19

— نواة اليود $^{131}_{53}\text{I}$ ثابت نشاطها الإشعاعي هو $1,0.10^6 \text{ s}^{-1}$ احسب فترة نصف العمر مقدرة بالأيام.

— عندما نحق $1 \mu\text{g}$ من هذا النكليد في غدة درقية لإجراء صورة إشعاعية .

هي الكتلة المتبقية خلال: a — 24 يوم ؟ b — 40 يوم ؟

ل:

— حساب فترة نصف العمر مقدرة بالأيام: لنينا: $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0.693}{1,0.10^6} = 6,93.10^5 \text{ s} = 8 \text{ J}$

تعريف نصف العمر: هو الزمن اللازم لكي تصبح $N(t) = N_0/2$ وخلال الزمن $t = n t_{1/2}$

بينة الباقية هي: $N_0/2^n$ عدد النويات المشعة يتناسب مع الكتلة أي عند الزمن $n t_{1/2}$ فإن الكتلة

تية $m = \frac{m_0}{2^n}$ عند: $m = \frac{m_0}{2^n} = 0.125 \mu\text{g} \leftarrow 24 \text{ J} = 3 t_{1/2}$

عند: $m = \frac{m_0}{2^n} = 0.030 \mu\text{g} \leftarrow t = 40 \text{ J} = 5 t_{1/2}$

ين: 20

— يوي الصخور البركانية على البوتاسيوم 40 المشع والذي يتحول إلى الأرجون 40 الغازي مدة

ه النصفية هو $t_{1/2} = 1,3.10^9 \text{ ans}$ ومع مرور الزمن (قرون وقرون) يتراكم الأرجون بينما

تاسيوم يختفي وخلال انفجار بركاني فإن الحمم الصلبة لاحتوي على عنصر الأرجون .

— تحليل عينة من حجر البازلت وجدت بالقرب من بركان قديم أثبتت أنها تحتوي على كتلة

$m_1 = 2,98 \text{ g}$ البوتاسيوم 40 وكتلة $m_2 = 8,6 \mu\text{g}$ من الأرجون 40.

حدد عند أنوية البوتاسيوم 40 مباشرة بعد ثوران البركان بدلالة عدد أنوية البوتاسيوم 40 وعند أنوية

أرغون 40 عند زمن التحليل.

حدد الزمن التقريبي لاحتوت الانفجار البركاني.

حدين: من شكلا، حقا، وأما مدة حلتها المدة للنضائية ApolloXI، ته تحلل، عنة من هذا الحد

تحول الكربون 14 إلى أزوت $^{14}_6\text{C} \rightarrow ^{14}_7\text{N} + ^0_{-1}\text{e}$

2. عمر قطعة الخشب القديمة:

— لا يوجد في هذه القطعة لمصاص CO_2 ولا ^{14}C وبالتالي فإن النشاط الإشعاعي لهذه العينة يتناقص.

في اللحظة t الحالية يكون نشاط العينة Bq $A(t) = \frac{212}{60}$ ولنينا $A(t) = A_0 e^{-\lambda t}$

— في القطعة الخشبية الحديثة يكون: Bq $A_0 = A(t) = \frac{1350}{60}$ ومنه $A(t) = A_0 e^{-\lambda t}$

فالتقطعة الخشبية الحديثة لها في اللحظة t نفس تركيب القطعة القديمة مباشرة

قبل موتها (العنيتان لهما نفس الكتلة ونفس نسب الكربون ^{14}C المفترض غير متغير بمرور الزمن)

فالتقطعة الخشبية الحديثة لها نشاط ابتدائي $A_0 = A(t)$ ، وبعد موتها يتناقص نشاطها

ففي اللحظة t الموافقة للحظة الحالية ومن أجل حساب عمر القطعة فإن:

$A(t) = A_0 e^{-\lambda t}$ $\ln \frac{A(t)}{A_0} = -\lambda t \rightarrow t = -\frac{1}{\lambda} \ln \frac{A(t)}{A_0}$

ولينا $\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} = \frac{0.69}{1350} = 5,09.10^{-4} \text{ s}^{-1}$ ومنه $t = \frac{1}{\lambda} \ln \frac{A_0}{A(t)} = \frac{1350}{0.69} \ln \frac{1350}{1350} = 14930 \text{ ans}$

3. المدة الزمنية التي مضت على الحفريات:

قبل وفاة الكائن الحي مباشرة $r_0 = 10^{-10}$ وبعد وفاته يتناقص r ويكون $N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$ وأيضا

$r(t) = r_0 e^{-\lambda t}$ وفي اللحظة t يكون $r(t) = \frac{1}{4} \times 10^{-10}$

4. تعتمد طريقة التأريخ بالكربون 14 على مقارنة نشاط $A(t)$ لعينة قديمة مع نشاط عينة حديثة $A(0)$.

إذا كانت العينة قديمة نرجع إلى مليارات السنين (من رتبة 10^9 سنة) فإن النشاط المتبقى

هو $A(t) = A(0) e^{-\lambda t} = A(0) e^{-\ln 2 \cdot t / t_{1/2}}$ ومنه: $A(t) = A(0) e^{-\ln 2 \cdot t / t_{1/2}}$

فالنشاط المتبقى ضئيل لا معنى له وبالتالي لا يمكن استعمال قانون تناقص النشاط الإشعاعي وبالتالي

التأريخ بالكربون 14.

فالتأريخ بمتريون 14 يكون مناسباً لتحديد عمر الأشياء والحفريات التي عمرها بعض عشرات آلاف

السنين، ويكون تاريخ الأشياء والحفريات الأحدث أصعب.

تبرين: 18

الكوبالت ^{60}Co المستعمل في قنابل الكوبالت يستعمل أيضا في الطب ، لحصل عليه بقت

الكوبالت 59 بالنيوترونات فتنتج دقائق β^- ثابت النشاط الإشعاعي لهذه النواة المشعة

هو $4,17.10^{-6} \text{ s}^{-1}$ النواة الأصلية هي إحدى نظائر عنصر Ni وتصبح غير مشعة بإصدارها

إشعاعين طول موجتهما $1,6 \text{ pm}$ و $1,8 \text{ pm}$

1 — ما هي النقيطة المنبعثة؟

الكوبالت ^{60}Co المستعمل في قنابل الكوبالت يستعمل أيضا في الطب ، لحصل عليه بقت

الكوبالت 59 بالنيوترونات فتنتج دقائق β^- ثابت النشاط الإشعاعي لهذه النواة المشعة

هو $4,17.10^{-6} \text{ s}^{-1}$ النواة الأصلية هي إحدى نظائر عنصر Ni وتصبح غير مشعة بإصدارها

إشعاعين طول موجتهما $1,6 \text{ pm}$ و $1,8 \text{ pm}$

1 — ما هي النقيطة المنبعثة؟

النظير	الأرقام الذرية لبعض	الأغور 36	الكور 36	نوترون	بروتون	الدقة
1 - وردت في النص الفيزيائي	x	35.971128	16.7492	1.67262	(10^{-27} kg)	
2 - عرف مصطلح "نظائر"	18	17	0	1		Z

المستقرين ماذا تعني بالتفصيل هذه القيم بالنسبة لنواة الكور ؟

3 - أعط الرمز الكامل لنواة "الكور 36" و تركيبها .

4 - اكتب معادلة تفكك نواة "الكور 36" مع إعطاء : - القوانين المستعملة ، - نوع النشاط الإشعاعي

المصاحب لتفكك الكور 36

5 - أعط تعريف مدة نصف العمر $t_{1/2}$.

6 - ثابت النشاط الإشعاعي :

a - حدد عن طريق التحليل البعدي وحدة ثابت النشاط الإشعاعي λ في الجملة الدولية

b - احسب ثابت النشاط الإشعاعي لنظير الكور 36 مع مراعاة الوحدة الأساسية في الجملة الدولية

7 - تحتوي زجاجة حجمها $V = 1.5 \text{ L}$ من ماء معني محتواها حسب ما هو وراة في الطاقة المصنفة

بها بشارد الكور هو $C_{\text{m}} = 13.5 \text{ mg L}^{-1}$

a - احسب كمية بشارد الكور بالمول في هذه الزجاجة .

b - بفرض أن نسبة عدد أنوية الكور 36 إلى العدد الكلي لأنوية الكور المتواجدة في الماء المعني هي

الواردة في النص، بين أن العدد N لأنوية الكور 36 في الزجاجة هو $N = 2.4 \times 10^6$

c - استنتج قيمة النشاط A للكور 36 في الماء الموجود في الزجاجة .

d - استنتج قيمة عدد تفكك الكور 36 في اليوم .

8 - التاريخ لماء جوفي : إن دراسة النظائر المشعة وتردنا بمعلومات تخص مدة عبور ماء جوفي أي

عن مغزول ماء جوفي (nappe phréatique) تتواجد بشارد الكور بشكل دائم في المياه المعدنية

الطبيعية و نأرا ما نتدخل في التأثيرات بين الماء و الصخور ، يتجدد الكور 36 في المياه السطحية و

تعتبر محتواها ثابتا عكس المياه الجوفية فالكور الذي مدة نصف عمره $301 \times 10^3 \text{ ans}$ هو راسم

(traceur) يمكن تتبعه بفضل نشاطه الإشعاعي عند دراسة المياه الجوفية القديمة .

لدراسة المياه الحديثة يمكن استعمال الكربون 14 مدة نصف عمره 5.73×10^3 سنة المتواجد في بشارد

الكربون $\text{CO}_2(\text{aq})$ المنحلة .

a - قانون تنكص النشاط الإشعاعي : تعتبر عينة حجمها V من ماء حقل جوفي و نسجل :

N_0 - العدد المتوسط لأنوية الكور 36 الموجودة في هذه العينة في اللحظة $t = 0$ لحضة تشكل حقل

الماء الجوفي .

$N(t)$ - العدد المتوسط لأنوية الكور 36 في الماء المستخرج اليوم من حقل الماء الجوفي و غير المتجدد

اكتب علاقة تنكص النشاط الإشعاعي التي تربط t ، N_0 ، $N(t)$ ، $t_{1/2}$

b - نقبل أن N_0 يساوي العدد المتوسط لأنوية الكور 36 الموجودة في عينة لها نفس الحجم V من

مياه السطح .

استنتج من قانون التنكص المكتوب سابقا عن حقل الماء الجوفي و الذي مأوه غير متجدد و يحتوي فقط

36 % من عدد أنوية الكور 36 الموجود في مياه السطح .

لماذا لم يستعمل الكربون 14 لتاريخ حقل الماء الجوفي ؟

أعطت $8.1 \cdot 10^{-3} \text{ cm}^3$ من غاز الأرغون مقاسة في الشروط النظامية و $1.67 \cdot 10^{-6} \text{ g}$ من البوتاسيوم 40 .

a - احسب عدد أنوية البوتاسيوم 40 و الأرغون 40 عند زمن إجراء التحليل .

b - احسب عمر هذه الحجاره .

يعطى : $M(^{40}\text{K}) = M(^{40}\text{Ar}) = 40 \text{ g mol}^{-1}$ و $M(^{40}\text{K}) = 6.02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ و $N_A = 6.02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ و $V_m = 22.4 \text{ L mol}^{-1}$

الحل :

1.a - تحديد عدد أنوية البوتاسيوم : إذا كان n_1 كمية مادة البوتاسيوم 40 و n_2 كمية مادة الأرغون 40 في

لحظة من زمن التحليل t ، فإن $n_1 + n_2$ تمثل الكمية الابتدائية لمادة البوتاسيوم مباشرة بعد الانفجار البركاني

(الزمن الجيولوجي $t=0$)

$N_0 = N_A (n_1 + n_2)$ 1..... هو العدد الابتدائي لأنوية البوتاسيوم .

2..... $N(t) = N_A n_1$ هو عدد أنوية البوتاسيوم 40 عند زمن التحليل .

b - تحديد الزمن التقريبي لحدوث الانفجار البركاني :

من 1 و 2 : $0.997 = \frac{N(t)}{N_0} = \frac{n_1}{n_1 + n_2} = \frac{(2.98 \cdot 10^{-3} / 40)}{(2.98 \cdot 10^{-3} / 40) + (8.6 \cdot 10^{-6} / 40)}$

$\ln\left(\frac{N_0}{N}\right) = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} \cdot t$ ، $t = \frac{\ln 2}{\ln 2} \ln \frac{N_0}{N} = 4.33 \cdot 10^3 \text{ ans}$ ، $4.33 \cdot 10^3 \times 1.3 \cdot 10^9 = 5.6 \cdot 10^9 \text{ ans}$

تشكلت الصخور منذ 5.6 مليون سنة .

2.a - حساب عدد أنوية البوتاسيوم 40 و الأرغون 40 عند زمن إجراء التحليل :

$N_1 = N_A n_1 = \frac{N_A m_K}{M_K} = \frac{6.023 \cdot 10^{23} \times 1.67 \cdot 10^{-6}}{40} = 2.5 \cdot 10^6$

$N_2 = N_A n_2 = \frac{N_A V_{Ar}}{V_m} = \frac{6.023 \cdot 10^{23} \times 8.1 \cdot 10^{-3}}{22400} = 2.2 \cdot 10^{17}$

b - حساب عمر هذه الحجاره ؛ لنبدأ : $N(t) = N_1$ ، $N_2 = N_0 - N_1$ ، $N_0 = N_A (n_1 + n_2)$

$t = \frac{t_{1/2}}{\ln 2} \ln \frac{N_0}{N} = 3.28 \times 1.3 \cdot 10^9 = 4.3 \cdot 10^9 \text{ ans}$

تمرين 21

ورد في موسوعة :

يوجد نظيران أساسيان لنظير الكور 36 37 بنسبة 3 إلى 1 و التي كتلتها المولية الذرية المتوسطة 35.5 g mol^{-1}

الكور 9 نظائر أرقام كتلتها تمتد من 32 إلى 40 ، توجد ثلاث منها فقط في حالة طبيعية الكور 35 المستقر

(75.77) للكور 37 المستقر (24.23%) و الكور 36 المشع و النسبة الكلية لعدد أنوية "الكور 36" إلى

العدد الكلي لأنوية الكور المتواجدة في ما يحيط بنا هو 7×10^{-13} حاليا .

يتفكك "الكور 36" إلى الأرغون 36 ، مدة نصف عمر الكور 36 هي $301 \times 10^3 \text{ ans}$ ، هذه القيمة

تجعله ملائما لتاريخ الجيولوجي للمياه الجوفية على مدى من 60 ألف سنة إلى مليون سنة

المعطيات

- العلاقة بين ثابت النشاط الإشعاعي λ و مدة نصف العمر $t_{1/2}$: $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$

- العلاقة بين نشاط عينة A و العدد المتوسط لأنوية N لهذه العينة في لحظة t : $A(t) = \lambda N(t)$

- سرعة الضوء في الفراغ $c = 2.998 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$ ، $\tan = 3.156 \times 10^7 \text{ s}$ ، $c = 2.998 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$

- الكتلة المولية للكور 36 $M(\text{Ar}) = 35.5 \text{ g mol}^{-1}$ ، ثابت أفوكادرو $N_A = 6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

إنكافؤ كتلة. طاقة

- 1- الرقمان 36 و 37 نظيري الكور يمثلان الرقمين الكتليين أي عدد النويات التي يمتلكها هذين النظيرين ، الكور 35 : ^{35}Cl يمتلك 35 نوية ، الكور 33 : ^{37}Cl يمتلك 37 نوية .
- 2 - تعريف النظير: نقول عن أتوية أنها نظائر إذا كان لها نفس الرقم الشحني (Z) ويختلفان في الرقم الكتلي (A)

- 3- رمز الكور 36: ^{36}Cl تحتوي نواته 17 بروتونا و 19 نيوترونا
- 4- معادلة تفكك نواة الكور 36: $^{36}\text{Cl} \rightarrow ^{36}\text{Ar} + ^0_1\text{e}^- + \gamma$ من أجل تحديد γ نوظف قانوني الانحفاظ.
 - انحفاظ رقم الشحنة: $17 = 18 + Z \rightarrow Z = -1$
 - انحفاظ الرقم الكتلي: $36 = 36 + A \rightarrow A = 0$ ومنه: البقية $^0_0\gamma$ هي الكترون $^0_{-1}\text{e}$
 نوع النشاط الإشعاعي المصاحب لهذا التفكك هو تبعات إلكترون أي: β^- ويصاحب هذا التفاعل أيضا تبعات ضد نيوترون $\bar{\nu}$ وتكون معادلة التفكك: $^{36}\text{Cl} \rightarrow ^{36}\text{Ar} + ^0_{-1}\text{e}^- + \bar{\nu} + \gamma$
- 5- تعريف مدة نصف العمر $t_{1/2}$ للكور ^{36}Cl : هو: المدة الزمنية اللازمة لتفكك نصف عدد الأتوية الابتدائية للكور ^{36}Cl أي في اللحظة $t_{1/2} = 3.01 \times 10^5 \text{ ans}$ يبقى $N_0/2$ من أتوية الكور 36.
 - a - ثابت النشاط الإشعاعي: تحديد وحدة λ عن طريق التحليل البعدي.
 - لدينا: $[\lambda] = [t_{1/2}]^{-1} = T^{-1}$ ومنه: $[t_{1/2}] = T$ و $\lambda = \ln 2 / t_{1/2}$ ليست لها أبعاد
 - فبعد λ هو مطلوب الزمن ووحدة: s^{-1}

b - حساب ثابت النشاط الإشعاعي: $\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} = \frac{0.69}{3.01 \times 10^5 \times 36525 \times 86400} = 7.30 \times 10^{-14} s^{-1}$

7- نشاط زجاجة الماء المعني:

a - كمية شوارد الكور في الزجاج: $n = CV, C_0 = m/V$ ومنه: $C = C_0 / M_0, C = m / M_0 V$

ومنه: $n = C_0 V / M_0 = 13.5 \cdot 10^{-3} \times 1.5 / 35.5 = 5.7 \times 10^{-4} \text{ mol(Cl}^-)$

b - عدد أتوية الكور 36 في ماء الزجاج: نقبل أن الكور يتواجد على شكل شوارد وأن نسبة عدد أتوية الكور 36 إلى العدد الكتلي لأتوية الكور المتواجدة وتساوي النسبة المتواجدة حاليا في محيطنا ومنه:

$N = 7 \times 10^{-13} n$ و $N/n = 7.0 \times 10^{-13}$ نواة $N = 2.4 \times 10^{10}$ و $N_A = 7.10 \cdot 10^{13}$ ويكون عدد الأتوية:

c - نشاط الكور 36 في ماء الزجاج: لدينا:

$A(t) = \lambda N(t) = 7.3 \times 10^{-14} \times 2.4 \cdot 10^{10} = 1.75 \times 10^{-3} \text{ Bq}$

d - عدد تفككات الكور 36 في اليوم: $N = A \times t = 1.75 \cdot 10^{-3} \times 86400 = 1.5$

أي تفكك في اليوم 1.5 نواة من 240 مليون نواة.

8- تأريخ الماء الجوفي:

a - قانون التناقص الإشعاعي: لدينا: $N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$ و $\lambda = \ln 2 / t_{1/2}$ ومنه: $N(t) = N_0 e^{-\ln 2 t / t_{1/2}}$

b - تأريخ الماء الجوفي: لدينا: $N(t) = 0.38 N_0$ ومنه: $0.38 N_0 = N_0 e^{-\ln 2 t / t_{1/2}}$

ومنه: $t = -t_{1/2} \frac{\ln 0.38}{\ln 2} = -3.01 \cdot 10^5 \frac{-0.9676}{0.693} = 4.2 \times 10^5 \text{ ans}$

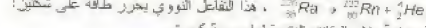
مدة نصف عمر الكربون 14 صغيرة بالنسبة لـ t المحسوبة.

أي أن الكربون 14 لم يعد متواجدا في الماء الجوفي وبالتالي لا يمكن استعماله في تأريخ هذه المياه القديمة.

1 - النقص في الكتلة D_m أو (Δm) :

نواة المتحررة خلال تفكك إشعاعي:

ق: التفكك التلقائي للـ راديوم ^{226}Ra تفكك نواة الراديوم وفق التفاعل:



حركية: لأن التفاعل النووي يحرر طاقة على شكلين:

1- إشعاعية: على شكل شعاع γ التي هي موجات كهرومغناطيسية طول موجها قصيرة ونفاذ عالية.

2- نقص في الكتلة D_m أو (Δm) :

نواة كتلة m_0 قبل التفاعل النووي للـ راديوم m_1 بعد التفاعل نجد:

التفاعل: $m_0 = m(^{226}\text{Ra}) = 226 \cdot 1.67 \cdot 10^{-27} = 3.7524612 \cdot 10^{-25} \text{ g}$

التفاعل: $m = m(^{222}\text{Rn}) + m(^4\text{He}) = 3.6859278 \cdot 10^{-25} + 6.64469 \cdot 10^{-27} = 3.7523747 \cdot 10^{-25} \text{ g}$

نظ أن: $m_0 > m$

جميع التفاعلات النووية التلقائية فإن كتلة الأتوية قبل التفاعل أكبر من كتلة الأتوية بعد التفاعل.

سمي $D_m = m_0 - m$ النقص في الكتلة ويكون:

$D_m = m_0 - m > 0$

$D_m = (3.7524612 - 3.7523747) \cdot 10^{-25} = 8.65 \cdot 10^{-30} \text{ g}$

النقص بشكل النسبة: $D_m / m_0 = 2.10^{-5} = 0.002\%$

النقص في الكتلة هو مصدر الطاقة المتحررة خلال التفاعلات النووية.

2 - علاقة أينشتاين: إنكافؤ كتلة - طاقة

وضع أينشتاين في عام 1905 العلاقة بين الكتلة والطاقة التي تنص على: كل جسم كتلته m ملك

طاقة كتلة E_0 تعطي بالعلاقة: $E_0 = m \cdot c^2$ حيث E_0 : قدر بالجول (J) ، m : بالكيلوغرام

(kg) ، c : سرعة الضوء في الفراغ: $c = 2.9979 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

كان الجسم في حالة حركة فيملك طاقة E تساوي مجموع طاقة الكتلة E_0 وطاقة الحركية E_c

من الضعيف في الكتلة خلال التفاعل النووي السابق: $^{226}\text{Ra} \rightarrow ^{222}\text{Rn} + ^4_2\text{He} + \gamma$

لنفس في التفاعل: نغرض أن النواة ساكنة فهي لا تملك طاقة حركية فطاقة نواة الراديوم تساوي طاقة كتلة

$E_0 = m(^{226}\text{Ra}) \cdot c^2 = m_0 c^2$

التفكك: طاقة النواتج هي: $m(^{222}\text{Rn})c^2 + m(^4\text{He})c^2 + E_c + E_\gamma = m_1 c^2 + E_c + E_\gamma$

أن الطاقة محفوظة فإن: $m_0 c^2 = m_1 c^2 + E_c + E_\gamma$

$E_c + E_\gamma$ هي الطاقة المتحررة خلال التفكك على شكل طاقة حركية وطاقة إشعاعية ومنه:

$Q = (m_0 - m_1) c^2$

نتيجة: الطاقة Q المتحررة من تفكك النووي التلقائي تساوي: $Q = D_m \cdot c^2 = (m_0 - m_1) \cdot c^2$

Q : تقاس بالجول (J)، النقص في الكتلة بـ (kg) c : $3.0 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

حده الكتلة والطاقة:

حده الكتلة: نقدر الكتلة في النظام الدولية بوحدة الكتل الذرية ويرمز لها بـ: (u)

$$1u = 1.66054 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

وحدة الطاقة: في الكيمياء تقدر طاقة الرابطة الكيميائية بـ: الإلكترون فولت (eV) والطاقة المتحررة من تفاعل نووي هي أكبر من الطاقة المتحررة من تفاعل كيميائي بحوالي مليون مرة. لذا تستعمل كوحدة للطاقة الميجا إلكترون فولت (MeV)

كتلة البروتون والنيوترون و وحدة الكتلة الذرية	الطاقة (MeV)	الكتلة بـ (u)	الدقيقة
بروتون	938.272	1.00728	
نيوترون	939.565	1.00866	
إلكترون	0.511	0.00055	

$1\text{eV} = 1.6022177 \times 10^{-19} \text{ J}$
 $1\text{MeV} = 1.6022177 \times 10^{-13} \text{ J}$
 وحسب علاقة أينشتاين: فال وحدة الكتلة
 المترية توافق طاقة تساوي:

$$E = 1.66054 \cdot 10^{-27} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 =$$

$$E = 1492.42 \cdot 10^{-13} \text{ J} = 931.5 \text{ MeV}$$

$$\text{ومنه: } 1u \text{ توافق طاقة } 931.5 \text{ MeV}$$

مثال:

ليكن التفاعل النووي التالي: $^{56}_{26}\text{Fe} \rightarrow ^{56}_{27}\text{Co} + ^0_{-1}\text{e} + \gamma$

أحسب طاقة التفاعل بالجول وبـ (MeV) لنوات $^{56}_{26}\text{Fe}$

$$\text{بـ } 1\text{g من } ^{56}_{26}\text{Fe} \text{ يعطي } M(^{56}_{27}\text{Co}) = 58.9184u, M(^{56}_{26}\text{Fe}) = 58.9206u$$

الحل

أحسب الطاقة المتحررة من تفكك نواة $^{56}_{26}\text{Fe}$:

$$\Delta m = 58.9206 - 58.9184 = 0.0022u$$

$$Q = \Delta m \cdot c^2 = 0.0022 \times 931.5 = 2.0493 \text{ MeV} = 3.27 \times 10^{-13} \text{ J}$$

$$\text{بـ } 1\text{g من } ^{56}_{26}\text{Fe} \text{ تتفكك } n = (M/M) = 2.45 \times 10^9 \text{ نواة}$$

$$Q = 3.27 \times 10^{-13} \times 2.45 \times 10^9 = 8.02 \times 10^{-4} \text{ J} = 0.802 \text{ mJ}$$

وهذه الطاقة تعادل احتراق حوالي 20kg من البنزين.

طاقة ربط النواة E:

تتكون نواة الهيليوم ^4_2He من 2 بروتون و 2 نيوترون، لنفازن كتلة نواة الهيليوم مع كتلة نكليوتاتها في

$$M(^4_2\text{He}) = 4.00105u \text{ كتلة النواة في حالة السكون:}$$

$$m(\text{nucleons}) = 2m_p + (4-2)m_n = 4.032u$$

كتلة النكليوتات:

$$m(^4_2\text{He}) < m(\text{nucleons})$$

ونلاحظ أن:

وبصفة عامة:

$$\Delta m = (Zm_p + (A-Z)m_n) - m(^A_ZX) > 0 \text{ هو: } ^A_ZX \text{ للنوات}$$

3 - طاقة ربط النواة E:

طاقة ربط النواة هي الطاقة التي يجب تقديمها لنواة في حالة سكون من أجل تفكيكها إلى أوتوبتها المعزولة

$$\text{والناحية: } E = [(Zm_p + (A-Z)m_n) - m(^A_ZX)] \cdot c^2 = \Delta m \cdot c^2$$

تحديد طاقة ربط النواة:

للكليد ^{10}Be كتلة $m = 10.0113u$ علما أن $m_p = 1.00727u$ و $m_n = 1.00866u$ فإن:

$$1u = 1.6606 \times 10^{-27} \text{ kg} \text{ و } c = 3 \times 10^8 \text{ m/s} \text{ أحسب طاقة الربط لهذا النكليد بالجول.}$$

$$\Delta m = (Zm_p + (A-Z)m_n) - m = [(4 \times 1.00727) + (6 \times 1.00866) - 10.0113]u$$

$$\Delta m = 0.06974u = 0.06974 \times 1.6606 \cdot 10^{-27} = 1.158 \times 10^{-28} \text{ kg}$$

$$E = \Delta m \cdot c^2 = 1.158 \times 10^{-28} \times (3 \times 10^8)^2 = 1.042 \times 10^{-11} \text{ J}$$

$$E = 1.042 \times 10^{-11} = 65.1 \times 10^{-16} \text{ eV} = 65.1 \text{ MeV}$$

$$E = 1.8 \times 10^{-16} \text{ eV}$$

أما الربط لكل نوية: هي النسبة بين طاقة ربط النواة E و لرقم الكتلي A أي: E/A

مخطط أستون (Aston)

مخطط أستون يعكس طاقة الربط لكل نوية A - E - بدلالة عدد النكليوتات A

معلومات التي يوفرها مخطط أستون:

مستقر النواة: مخطط أستون يمثل العلاقة بين A و E - وعدد النكليوتات A

من الملاحظ أنه من أجل:

$$195 < A < 20: \text{ فإن } E/A \text{ لها قيم قريبة من } 8 \text{ MeV} \text{ هذه المنطقة تضم الأنوية الأكثر استقرارا}$$

ل الحدي $^{56}_{26}\text{Fe}$ لذا يتواجد بوفرة في الطبيعة.

أ - $20 < A < 195$ فإن E/A كبيرة أي أن A صغيرة وبالتالي فطاقة ربط الأنوية

ضعيفة الشيء الذي يدل على أن هذه الأنوية غير مستقرة يمكن أن تتحول إلى أنوية أكثر استقرارا.

من أجل $A > 195$ الأنوية الثقيلة غير مستقرة تتشطر إلى توأين خفيفين وهذا مايسمى بطاهرة:

تشتطر النووي.

من أجل $A < 20$ الأنوية الخفيفة تتحد فيما بينها لتعطي نواة ثقيلة نسبيا وهذا مايسمى بطاهرة:

اندماج النووي.

للتحليل النووي



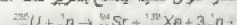
4 - تفاعلات الانشطار والاندماج [الإنجاز]

تفاعل الانشطار

تفاعل نووي يحدث من خلاله تكسر نواة ثقيلة قابلة للانشطار بعنصر بروتون بطيء

ميكمل نواتين خفيفتين وبعض النيوترونات.

تفاعل نووي ثقيلة يسمح بتحرير طاقة مثال: الأروبيوم 235 يتشطر وفق التفاعل:



$$^{208}_{82}Pb \rightarrow ^{197}_{75}Au + ^{11}_3X \text{ غير موجود لذا فهذا التحول غير ممكن.}$$

$$^{210}_{84}Po \rightarrow ^{209}_{82}Pb + ^2_2He + \gamma$$

برين 6

على انشطار اليورانيوم $^{235}_{92}U$ عند قلبها بنيوترون: $^{235}_{92}U + ^1_0n \rightarrow ^{139}_{54}Xe + ^{94}_{38}Sr + 3^1_0n + \gamma$ اوجد x, y

حل:

طبق قانوني الإحتفاظ: — تحفظ النويات: $235 + 1 = 139 + 94 + y \rightarrow y = 3$

طبق قانوني الإحتفاظ: — تحفظ الشحنت: $92 = 54 + x \rightarrow x = 38$

منه: $^{235}_{92}U + ^1_0n \rightarrow ^{139}_{54}Xe + ^{94}_{38}Sr + 3^1_0n + \gamma$

برين 7

بيدروجين هو المكون الرئيسي للشمس والنجوم

عندما يبلغ قلب هذه النجوم درجة حرارة مرتفعة

ذاتان البروتونات تندمج ، هذا الاندماج يعبر

نه بالمعادلة: $2^1_1H \rightarrow ^4_2He + 2^1_0e$

— حسب الطاقة المتحررة عن تولد نواة

هـ. احسب الضياع في كتلة الشمس خلال كل

ثانية.

بـ. كتلة الشمس هي $1.99 \times 10^{30} kg$ ما هو

الزمن الذي تبقى فيه الشمس مشعة؟

حل

— حسب الطاقة المتحررة: حسب التفتت في الكتلة:

$$D_m = 4m(H) - m(He) - 2m(e) = 4(1.007276) - 4.001502 - 2 \times 5.486 \cdot 10^{-4} = 0.027u$$

$$D_m = 0.027u = 4.49 \times 10^{-29} kg$$

$$E = D_m c^2 = 4.49 \cdot 10^{-29} (3.00 \cdot 10^8)^2 = 4.04 \cdot 10^{-12} J$$

— حسب الضياع في كتلة الشمس خلال كل ثانية: خلال كل ثانية الطاقة الإشعاعية هي:

$$E(1s) = P \times t = 3.9 \cdot 10^{26} \times 1 = 3.9 \cdot 10^{26} W$$

$$N = E(1s) / E = 3.9 \cdot 10^{26} / 4.04 \cdot 10^{-12} = 9.65 \cdot 10^{37}$$

يكون الضياع في الكتلة: $E(1s) = D_m c^2 \rightarrow D_m = 3.9 \cdot 10^{26} / 9 \cdot 10^{16} = 4.33 \cdot 10^9 kg$

$$t = 1.99 \cdot 10^{30} / 4.33 \cdot 10^9 = 4.59 \times 10^{20} s = 1.45 \times 10^{13} ans$$

مدة إشعاع الشمس: $t = 1.99 \cdot 10^{30} / 4.33 \cdot 10^9 = 4.59 \times 10^{20} s = 1.45 \times 10^{13} ans$

برين 8

يوجد السيزيوم $^{137}_{55}Cs$ في الحالة الطبيعية وهو غير مشع بينما السيزيوم $^{137}_{55}Cs$ ينتج

على شكل نفايات في التفاعلات النووية لها نشاط إشعاعي β

عرف طاقة تماسك النواة.

هـ. احسب طاقات التماسك للنظائر الثلاثة لعنصر السيزيوم وطاقات التماسك لكل نوبة.

ب. صنف النظائر حسب استقرارها، هل النتيجة على علاقة بالخواص المشعة لبعض النظائر لأعل.

$$m(134) = 133.876u, m(137) = 136.876u, m(137) = 132.875u$$

حل

عرف طاقة تماسك النواة: هي الطاقة الواجب تقديمها لنواة $^A_Z X$ ساكنة تفككها إلى نوياتها المعزولة

$$1 \text{ — كتابة معادلة التفاعل: } ^2_1H + ^3_2He \rightarrow ^4_2He + ^1_1H$$

$$^2_1H + ^3_2He \rightarrow ^4_2He + ^1_1H$$

$$3^2_1H + ^3_2He \rightarrow ^4_2He + ^1_1H + ^1_0n$$

$$2 \text{ — اكتب ان التفاعلين لتسريين للحرارة: التفاعل: } ^2_1H + ^3_2He \rightarrow ^4_2He + ^1_1H$$

$$\Delta m_1 = m(^4_2He) + m(^1_1H) - 2m(^2_1H)$$

$$\Delta m_1 = 3.01503 + 1.008665 - 2 \cdot 2.014 = -0.003u = -3.1MeV/c^2$$

$$\Delta m_1 < 0 \text{ التفاعل ناشر للحرارة وبالمثل نجد } \Delta m_2$$

$$\Delta m_2 = -0.0196u = -18.3MeV/c^2$$

حساب الطاقة تشكل نواة الهليوم 4:

$$E = D_m c^2 = -(\Delta m_1 + \Delta m_2) c^2 = 21.4MeV$$

من أجل 1g: عدد المولات في 1g من التريوم $n = 1/2 = 0.5mol$ الطاقة المتحررة من أجل نواة

واحدة من الهليوم هي 21.4MeV من معادلة التفاعل نلاحظ انه يجب 3 نرات من التريوم مقابل

$$E = 7.1MeV \text{ ثرة من الهليوم 4 ومنه: الطاقة المتحررة من أجل التريوم:}$$

$$E' = N_A E_1 n = 6.03 \cdot 10^{23} \times 7.1 \cdot 0.5 = 2.14 \cdot 10^{24} MeV$$

$$E' = 2.14 \cdot 10^{24} MeV = 3.4 \cdot 10^{11} J = 3.4 \times 10^8 kJ \text{ ومنه: } 1MeV = 1.6 \cdot 10^{-13} J$$

تمرين 4

زر المعادلات التالية وحدنا نوع النشاط الإشعاعي مستعمل بالجدول الدوري:

$$a \text{ — } ^{14}_6C \rightarrow ^{14}_7N + \dots$$

$$b \text{ — } ^{210}_{85}At \rightarrow ^{210}_{86}Po + \dots$$

$$c \text{ — } ^{238}_{92}U \rightarrow ^{234}_{90}Th + \dots$$

$$d \text{ — } ^{210}_{84}Po \rightarrow ^{210}_{82}Pb + \dots$$

$$e \text{ — } ^{226}_{88}Ra \rightarrow ^{222}_{86}Rn + \dots$$

$$f \text{ — } ^{238}_{92}U \rightarrow ^{234}_{90}Th + \dots$$

$$g \text{ — } ^{210}_{84}Po \rightarrow ^{210}_{82}Pb + \dots$$

$$h \text{ — } ^{226}_{88}Ra \rightarrow ^{222}_{86}Rn + \dots$$

$$i \text{ — } ^{238}_{92}U \rightarrow ^{234}_{90}Th + \dots$$

$$j \text{ — } ^{210}_{84}Po \rightarrow ^{210}_{82}Pb + \dots$$

$$k \text{ — } ^{226}_{88}Ra \rightarrow ^{222}_{86}Rn + \dots$$

$$l \text{ — } ^{238}_{92}U \rightarrow ^{234}_{90}Th + \dots$$

$$m \text{ — } ^{210}_{84}Po \rightarrow ^{210}_{82}Pb + \dots$$

$$n \text{ — } ^{226}_{88}Ra \rightarrow ^{222}_{86}Rn + \dots$$

$$o \text{ — } ^{238}_{92}U \rightarrow ^{234}_{90}Th + \dots$$

$$p \text{ — } ^{210}_{84}Po \rightarrow ^{210}_{82}Pb + \dots$$

$$q \text{ — } ^{226}_{88}Ra \rightarrow ^{222}_{86}Rn + \dots$$

$$r \text{ — } ^{238}_{92}U \rightarrow ^{234}_{90}Th + \dots$$

حل

تمرين 5

بحث الكيميائيون في القرون الوسطى عن طريقة تمكنهم من تحويل الرصاص Pb إلى ذهب Au

وبين تطور علم الكيمياء أن هذا الأمر مستحيل لاختلاف العنصرين الكيميائيين فالتفاعلات الكيميائية

ليست بإمكانها دمج عنصرين أو تفكيكهما لكن التفاعلات النووية تسمح بهذا التحويل.

1. اعد تركيب النواتج $^{208}_{82}Pb$ و $^{210}_{82}Pb$ من الرصاص $^{210}_{82}Po$ و $^{210}_{82}Po$ إلى الذهب؟

2. كيف يمكن المرور من الرصاص إلى الذهب؟

3. يمكن الحصول على $^{208}_{82}Pb$ بتفكك اليونيوم $^{210}_{82}Po$ وليتبع α اكتب معادلة هذا التفاعل.

حل

تمرين 6

1. $^{208}_{82}Pb$: $Z = 82, N = A - Z = 126$ و $^{210}_{82}Po$: $Z = 84, N = A - Z = 126$

2. من أجل المرور من الرصاص إلى الذهب لابد من المرور من 82 بروتون إلى 79 بروتون ومن 126

نيوترون إلى 118 نيوترون وفق التفاعل التالي:

استنتج ثابت النشاط الإشعاعي للـ ¹³⁴م.
ما هو الزمن اللازم لاختفاء 99% من السيزيوم ¹³⁴؟
مطبات: $m_p = 5.5 \cdot 10^{-6} \text{ u}$, $1 \text{ u} = 931.5 \text{ MeV}/c^2$

لحل:

الحفاظ الشحنة: الشحنة الكلية لجملة الأنوية تبقى ثابتة.

الحفاظ عدد النويات: العدد الكلي للنويات الحاملة يبقى ثابتاً.

الحفاظ الطاقة: الطاقة الكلية لجملة من الأنوية المعزولة تبقى ثابتة.

معادلة: $^{137}_{55}\text{Cs} \rightarrow ^{137}_{56}\text{Ba} + ^0_{-1}\text{e} + \bar{\nu}_e$

عبر السيزيوم بالكثرون لأن أحد نيوتروناته يتحول إلى بروتون فيزداد العدد الذري بوحدة .

الطاقة المنحررة: توافق الطاقة المنحررة التغير في كتلة الجملة حسب علاقة أينشتاين:

$E = \Delta m$ حيث: $\Delta m = m_{\text{Cs}} - m_{\text{Ba}} - m_e$

$\Delta m = 136.90707 - (136.90581 + 5.10 \cdot 10^{-5}) = 7.1 \cdot 10^{-6} \text{ u} = 7.1 \cdot 10^{-6} \times 931.5$

بالم الطاقة المنحررة $E = c^2 \cdot 0.661 \text{ MeV}/c^2 = 0.661 \text{ MeV}$ $\Delta m = 0.661 \text{ MeV}/c^2$

أ. ثابت النشاط الإشعاعي Cs: يرتبط ثابت النشاط الإشعاعي λ بالفترة $t_{1/2}$ بالعلاقة:

$\lambda = \ln 2 / t_{1/2} = 0.693 / 2 = 0.346 \text{ a}^{-1}$

الزمن اللازم لاختفاء 99% من السيزيوم

تتحل نواة $^{137}_{55}\text{Cs}$ ومنه: $^{137}_{55}\text{Cs} \rightarrow ^{137}_{56}\text{Ba} + ^0_{-1}\text{e} + \bar{\nu}_e$

يبقى قانون التناقص: $N = N_0 e^{-\lambda t}$ عندما يخضعي 99% من السيزيوم ¹³⁴ أي يبقى $N = N_0 / 100$

$N = N_0 e^{-\lambda t} \rightarrow \frac{N}{N_0} = \frac{1}{100} = e^{-\lambda t}$

$\frac{1}{100} = e^{-0.346 t} \rightarrow -\ln 100 = -0.346 t \rightarrow t = 4.60 / 0.346 = 13.3 \text{ ans}$

4.

11

يتم في صدد نوي التفاعل التالي:

$x, \gamma + ^{235}_{92}\text{U} \rightarrow ^{140}_{54}\text{Xe} + ^{94}_{38}\text{Sr} + x, \gamma$

أوجد x, γ

أ. حسب النقصان في الكتلة:

أ. حسب الطاقة المنحررة MeV

ب. حسب النقصان في الكتلة:

ب. بق قانوني الانحفاظ: - انحفاظ النويات: $235 + 1 = 140 + 94 + x \rightarrow x = 2$

- انحفاظ الشحنة: $92 = 38 + Z \rightarrow Z = 54$

منه: $^{235}_{92}\text{U} + ^1_0\text{n} \rightarrow ^{140}_{54}\text{Xe} + ^{94}_{38}\text{Sr} + 2^1_0\text{n} + \gamma$

أ. حسب النقصان في الكتلة:

$D_m = \Delta m = m_U + m_n - m_{\text{Xe}} - m_{\text{Sr}} - 2m_n = m_U - m_{\text{Xe}} - m_{\text{Sr}} + m_n$

$\Delta m = 234.9935 - 93.8945 - 139.88909 - 1.0087 = 0.20171$

$E = (m_{\text{Xe}} + m_{\text{Sr}}) \cdot c^2$ من انشطار نواة الأورانيوم:

والساكنة $E = \Delta m c^2 = [(Zm_p + Nm_n) - m^A_Z X] \cdot c^2$

أ. طاقة تملك الأنوية وطاقة لكل نواة:

$\Delta m = (Zm_p + Nm_n) - m^A_Z X$

$\Delta m = (55 \times 1.00728 + 78 \times 1.00866) - 132.875 \text{ u} = (55.4004 + 78.67548 - 132.875) \text{ u}$

$\Delta m = 134.07588 - 132.875 = 1.20088 \text{ u}$

$E_C(^{137}\text{Cs}) = \Delta m c^2 = 1.20088 \times 931.5 = 1118.8 \text{ MeV}$

وبمثل: $E_C(^{136}\text{Cs}) = 1125 \text{ MeV}$

$E_C(^{137}_{55}\text{Cs}) = 1149 \text{ MeV}$

$E_{U(A)}(^{137}\text{Cs})/137 = 8.388 \text{ MeV}$

$E_{U(A)}(^{134}\text{Cs})/134 = 8.398 \text{ MeV}$ E_C / A طاقة التماسك لكل نواة:

$E_{U(A)}(^{133}\text{Cs})/133 = 8.41 \text{ MeV}$

ب. بمقارنة هذه القيم نجد فيها اختلاف بشكل طفيف فانشطار الإشعاعي لـ $^{137}_{55}\text{Cs}$ يرجع إلى الزيادة في عدد نيوتروناتها.

تمرين 9

بمسر اليوتاسيوم $^{40}_{19}\text{K}$ وينبعث شعاع γ طاقته 0.15 MeV .

1. أكتب معادلة التفتك علماً أن النواة المولدة هي نظير الكالسيوم Ca.

2. حدد الطاقة المنحررة أثناء تفتك نواة اليوتاسيوم الساكنة.

ب. ما شكل الطاقة المنحررة ؟

ج. حسب الطاقة الحركية الدقيقة β المشعطين: $m(K) = 39.95355 \text{ u}$, $m(\text{Ca}) = 39.95159 \text{ u}$

الحل

1. كتلية معادلة التفتك: $^{40}_{19}\text{K} \rightarrow ^{40}_{20}\text{Ca} + ^0_{-1}\text{e} + \bar{\nu}_e$

$^{40}_{19}\text{K} \rightarrow ^{40}_{20}\text{Ca} + ^0_{-1}\text{e} + \bar{\nu}_e$ $19 = Z - 1 \rightarrow Z = 20, 40 = A - 0 \rightarrow A = 40$

أ. تحديد الطاقة المنحررة:

$D_m = m_{\text{Ca}} - m_{\text{K}} = m(K) - m(\text{Ca}) - m_e = 39.95385 - (39.95159 + 5.5 \cdot 10^{-5})$

$D_m = m_{\text{Ca}} - m_{\text{K}} = 1.41 \cdot 10^{-3} \text{ u}$

ومنه: $E = D_m c^2 = 1.41 \cdot 10^{-3} \times 931.5 = 1.31 \text{ MeV}$

ب. تظهر على شكل طاقة حركية للإلكترونات وطاقة إشعاعية لـ γ

ج. حسب الطاقة الحركية الدقيقة β :

$E = E_e + E_\gamma \rightarrow E_e = E - E_\gamma = 1.31 - 0.15 = 1.16 \text{ MeV}$

تمرين 10

أثناء كارثة تشيرنوبيل تسرب إلى الجو السيزيوم ¹³⁴ والسيزيوم ¹³⁷.

1. السيزيوم يشع β

أذكر قوانين الانحفاظ التي تتمثل في هذا التفاعل وكتب معادلة التفتك محدداً الناتج المتشكلة.

2. حسب الطاقة المنحررة من تفتك نواة السيزيوم ¹³⁷.

الرمز	Z	A	كتلة الذرة بـ u
Xe	54	132	131.90416
Cs	55	137	136.90707
Cs	55	134	133.90671
Ba	56	132	131.90505
Ba	56	137	136.90581

$$E = 0.2102 \times 1,6605 \cdot 10^{-27} \times (2,9979 \cdot 10^8)^2 = 3,014 \cdot 10^{-11} \text{ J}$$

$$E = 0.2102 \times 931.5 = 187.427 \text{ MeV} = 3,014 \cdot 10^{-11} \text{ J}$$

3 حساب الطاقة المنحورة من انشطار 3kg : نحسب عدد الذرات في 3kg من ^{235}U

$$n = \frac{m}{M} \rightarrow N = \frac{m}{M} N_A = \frac{3000}{235} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} N = 7,687 \cdot 10^{24}$$

وتكون الطاقة المنحورة: $E' = E \times N = 3,014 \cdot 10^{-11} \times 7,687 \cdot 10^{24} = 2,3 \cdot 10^{14} \text{ J}$

تمرين 12 QCM

هل التأكيدات التالية صحيحة:

- 1) نواتج انشطار اليورانيوم:
 - a- نفس العدد Z من البروتونات
 - b- نفس العدد A من النيوترونات
 - c- نفس العدد A - Z من النيوترونات
- 2) تشكل من انشطار من الانوية المكونة لها مع:
 - a- تحرير طاقة ، b- امتصاص طاقة
 - 3) طاقة الربط لكل نوية في في المتوسط من:
 - a) 8GeV ، b) 8MeV ، c) 8eV
 - 4) كتلة نواة الهيليوم تكون:
 - a- اكبر من كتلة الانوية المكونة لها ،
- ب- اصغر من كتلة الانوية المكونة لها
- 5) أثناء انشطار الأورانيوم ^{235}U الطاقة المنحورة من رتبة:
 - a- 1MeV لكل نوية ،
 - b- 1GeV لكل نوية ، c- 1eV لكل نوية
- 6) الانشطار النووي هو تفاعل:
 - a- يحدث من طرف فيوترون وارداً
 - b- يحدث من طرف فوتون γ ، c- تلقائي
- 7) ينتج الاندماج النووي:
 - a- بيل نوفاين ثقيلتين ، b- في درجة عالية من الحرارة من رتبة 10^7 K ، c- ينضج الحرارة

الحل:

- a ← 1
- b ← 2
- a ← 3
- b ← 4
- a ← 5
- b ← 6
- a ← 7

تمرين 13

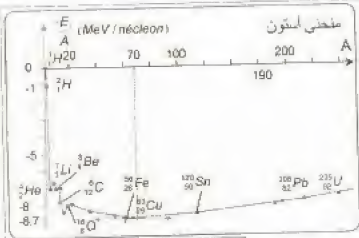
معظم المفاعلات النووية تستغل انشطار نوية اليورانيوم ^{235}U

- 1/ ما هو رمز نواة اليورانيوم ^{235}U والتي رقبها لذري $Z=92$ وما هي مكوناتها؟
- 2/ ما هو تعريف الانشطار النووي ؟ أعط مثالاً لذلك .
- 3/ نتيجة لاستخدام نيوترونات بنواة الأورانيوم ^{235}U فإنها تتحول إلى نواتج أخرى ، اجدها كزيتون 140 والآخرى الستراتسيوم 94 .

هذا التفاعل ينتج عنه تفاعل متسلسل ، اكتب معادلة التفاعل النووي الحادث مستعيناً بالجدول التالي:

- 4/ لماذا هذا التفاعل هو تفاعل متسلسل ؟ هل هذا التفاعل يحرر طاقة ؟ انكر كتابياً مصدر هذه الطاقة والحرارة.
- 5/ يمكننا ملاحظة اشعاعات γ ما هو مصدرها؟
- 7/ يفضل متحدي استون ذكر بدالات متحدي استون الذي يفسر استقرار الانوية الثلاثة السابقة بالانشطار الحقيقي للطاقة خلال تفاعل الانشطار.

الحل



العنصر	أورانيوم	كربون	ستراتسيوم
الرقم الذري Z	92	54	38

رمز نواة اليورانيوم ^{235}U لدينا: $Z=92$ و $A=235$ ومنه: ^{235}U
الانشطار النووي: هو تحول نووي يحدث من خلاله تكسر نواة ثقيلة قليلة للانشطار بقائهما نيوترون بطيء فتتشكل من اثنين خفيفين نسبياً وبعض النيوترونات.

مثال انشطار اليورانيوم ينتج عنه نواتين خفيفتين وانشطار طاقة هائلة يمكن استعمالها في إنتاج الكهرباء . معادلة التفاعل لدينا: $A(Xe)=140$ ، $Z(Xe)=54$. ومنه رمز نواة الكزنون هو : $^{140}_{54}\text{Xe}$

لدينا أيضاً: $A(Sr)=94$ ، $Z(Sr)=38$. ومنه رمز نواة الستراتسيوم هو : $^{94}_{38}\text{Sr}$
معادلة التفاعل هي: $^{235}_{92}\text{U} + ^1_0\text{n} \rightarrow ^{140}_{54}\text{Xe} + ^{94}_{38}\text{Sr} + k^1_0\text{n}$ من معادلة انحفاظ الكتلة:

منه المعادلة: $235 + 1 = 140 + 94 + k \rightarrow k = 3$
هذا التفاعل هو تفاعل متسلسل لأنه ينتج عنه نيوترونين يقوم بانشطار نوى أخرى وهكذا يستمر التفاعل.

بما انه يوجد إعادة ترتيب في الانوية ، فهذا يؤدي إلى تغير في طاقة الربط ، وبما ان الانوية المستقرة تستقر أيضاً فيزيد التفاعل بحرر طاقة ناتجة عن النقص في الكتلة بين النواة المتفككة والنواتين المتشكلتين وفيهنا: $E(^{235}_{92}\text{U}) + E(^1_0\text{n}) - E(^{140}_{54}\text{Xe}) - E(^{94}_{38}\text{Sr}) - 2E(^1_0\text{n})$

اشعاعات γ هي احداث للنيوترونات البطيئة وهي ناتجة عن إعادة ترتيب الالكترونات داخل النواة . متحدي استون يسمح بملاحظة تطور طاقة الربط المتوسطة لكل نوية بدلالة العدد الإجمالي لنيوترونات $E/A = f(A)$ ، كلما كانت هذه القيمة مرتفعة (بالقيمة المطلقة) كانت التكوينات

أرابطاً ونواتها أكثر استقراراً (والنموذج المبين على الشكل يبين أنه من أجل $A=70$ نلاحظ أن تتحرر للطاقة وزيادة في الاستقرار النووي . إذا كان التحول يعمل على التطور النووي

فالتغير الذي يرسمه منحى استون وهذا كما في حالة الانشطار حيث ان $A=140$ تكون أقرب من منطقة الاستقرار .

تمرين 14

في ^2H هي: $m_p = 2.0135\text{U}$ وكتلة البروتون $m_n = 1.0073\text{U}$ ، وكتلة نواة الهيليوم $m_{He} = 4.0015\text{U}$ ، $1\text{u} = 931.5\text{MeV}/c^2$ ، $m(n) = 1.0087\text{U}$

حسب طاقة الربط لكل نوية E/A للديوتيريوم والهيليوم ، ماهي النواة الأكثر استقراراً؟

حسب النقصان في الكتلة خلال تشكل الديوتيريوم:

$$D_m = \Delta m = m_p + m_n - m_H = 1.0073 + 1.0087 - 2.0135 = 2.5 \cdot 10^{-3}$$

الربط هي: $E_L = 2.5 \cdot 10^{-3} \times 931.5 = 2.33\text{MeV}$

$$E_D = \frac{E}{A} = \frac{2.33}{2} = 1.165\text{MeV}$$

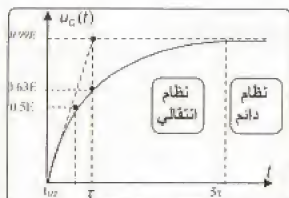
النقصان في الكتلة خلال تشكل الهيليوم:

$$\Delta m = 2m_p + 2m_n - m_{He} = 2 \times 1.0073 + 2 \times 1.0087 - 4.0015 = 4.0015 - 4.0015 = 0$$

$$\Delta m = 3.05 \cdot 10^{-2} \text{ U} \rightarrow E = 3.05 \cdot 10^{-2} \times 931.5 = 28.4\text{MeV}$$

طاقة الربط لكل نوية $E_{He} = \frac{E}{A} = \frac{28.4}{4} = 7.1\text{MeV}$

فإن نواة الهيليوم أكثر استقراراً .



القطب RC لتوتر متدرج ومتزايد هو:

$$u_C(t) = E(1 - e^{-t/\tau}) \quad \text{مع } \tau = R \cdot C$$

ويكون شكل منحنى تدرج التوتر $u_C(t)$ بين لبوسى المكثفة أثناء شحنها (الشكل) ملاحظات:

يتكون منحنى الشحن من جزئين: الجزء الأول: التوتر u_C دالة متزايدة في الزمن بشكل النظام الانتقالي.

الجزء الثاني: نتيجه قيمة ثابتة

تساوي E يشكل نظام مقارب (نظام دائم).

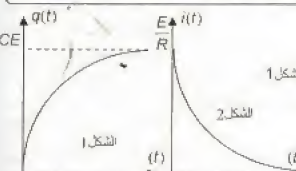
عبارة الشحنة والشدة:

$$u_C(t) = E(1 - e^{-t/\tau}) \quad \text{لدينا: } q(t) = CE(1 - e^{-t/\tau})$$

و $q(t) = Cu(t)$ ومنه: شكل 1

$$i(t) = C \frac{du_C(t)}{dt} \quad \text{لدينا: } i(t) = \frac{E}{R} e^{-t/\tau}$$

$$i(t) = \frac{E}{R} e^{-t/\tau} \quad \text{ومنه:}$$



منحنى تطور شدة التيار منحنى تطور كمية الكهرباء

تبلغ شحنة المكثفة قيمتها النهائية بعد 5τ تقريباً

تطبيق 1

توصّل مكثفة غير مشحونة معنيتها $C = 1 \mu F$ على التسلسل مع ناقل أومي

مقاومته $R = 2K\Omega$ التوتر بين قطبي المولد $E = 5V$. نعلق القطاعة في

الحلطة $t = 0$ ومتتبع شحن المكثفة نحصل على المنحنى التالي.

1. أكتب المعادلة التفاضلية لتوتر الشحن u_C بين قطبي المكثفة أثناء الشحن.

2. إذا كان حل المعادلة التفاضلية من الشكل:

$$u_C = A(1 - e^{-\alpha t}) \quad \text{حدد المقادير } A, \alpha \text{ بدلالة } C, R, E.$$

3. عبر عن ثابت الزمن τ بدلالة α

و احسب u_C من أجل $t = \tau$.

4. أوجد من البيان القيمة العددية لـ τ .

هل يتوافق هذه القيمة مع القيمة المعطاة في بداية التمرين؟

الحل:

1. كتابة المعادلة التفاضلية:

من الشكل الدارة وبتطبيق قانون جمع التوترات $u = u_R + u_C \rightarrow E = Ri + u_C$ وباعتبار

$$u_C = E - Ri \quad \text{العلاقات: } i = C \frac{du_C}{dt} \quad q = Cu_C \quad \text{فإن: } RC \frac{du_C}{dt} + u_C = E$$

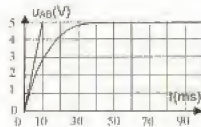
2. تحديد قيم A, α بدلالة C, R, E لدينا: $u_C = A(1 - e^{-\alpha t})$ لما $t \rightarrow \infty$ فإن $u_C = A = E$

وليس: $\frac{du_C}{dt} = A\alpha e^{-\alpha t}$ وبالتعويض في المعادلة التفاضلية فإن:

$$RCA\alpha e^{-\alpha t} + E - Ee^{-\alpha t} = E \quad \text{ومن: } RCA\alpha e^{-\alpha t} + A(1 - e^{-\alpha t}) = E$$

$$RCA\alpha(1 - e^{-\alpha t}) + A = E \quad \text{فإن: } RCA\alpha = E - A \quad \text{و } A = E$$

$$RCA\alpha = E - E = 0 \quad \text{فإن: } \alpha = \frac{E}{RC} = \frac{1}{RC} \quad \text{فإن: } \tau = RC$$



3. عبارة τ بدلالة α : لدينا: $\tau = RC \rightarrow \alpha = 1/\tau$

حساب u_C من أجل $t = \tau$:

$$u_C = E(1 - e^{-1}) = E(1 - 1/e) = 0.63E$$

ومن: $u_C = 3.14V$

4. استنتاج قيمة τ من البيان: فرسم المعام

للمنحنى في المبدأ فيقطع الخط المقارب $u_C = E$

عند $t = \tau = 10ms$

ومن العلاقة $\tau = RC$ فإن: $\tau = 10 \cdot 10^3 \times 10^{-6} = 10^{-2} s$ وهو ما يتوافق مع القيم المعطاة.

1. 3. تغريغ المكثفة:

نعمل القطاعة في الوضع 2 في الوثيقة 1 عند اللحظة $t = 0$ فقطبي ثنائي القطب RC موصولين بسلك والتوتر يمر فجأة من القيمة E إلى 0 ويخضع لتوتر متناقص بالتدرج فالإلكترونات المتجمعة على اللبوس السالب B أثناء الشحن تنتقل عبر السلك إلى اللبوس الموجب A في الدارة تيار والشحنة الكهربائية لللبوس تتناقص والمكثفة تتفريغ.

2. 3. المعادلة التفاضلية:

حسب قانون جمع التوترات: $u_R + u_C = u = 0$

ومن: $Ri + u_C = 0$ وباعتبار العلاقات $i = C \frac{du_C}{dt}$ و $q = Cu_C$ فإن: $i = \frac{dq}{dt}$

$$RC \frac{du_C}{dt} + u_C = 0 \quad \text{ومن: } \frac{du_C}{dt} + \frac{u_C}{RC} = 0$$

أي أن: $\tau = RC$ حيث: $\frac{du_C}{dt} + \frac{u_C}{\tau} = 0$

معادلة تفاضلية من الدرجة الأولى خطية بدون طرف ثان.

3. 3. حل المعادلة التفاضلية:

الحل العام للمعادلة $\frac{du_C}{dt} + \frac{u_C}{\tau} = 0$ هو من الشكل: $u_C(t) = Ae^{-t/\tau} + b$ حيث A, b, m ثوابت.

وباعتبار الشروط الابتدائية $u_C(0) = E$ فإن حل المعادلة التفاضلية لاستجابة ثنائي القطب RC

لتوتر متدرج ومتناقص هو: $u_C(t) = Ee^{-t/\tau}$

حيث $b = 0$, $A = E$, و $m = 1/\tau$ مع $\tau = RC$

ويكون شكل منحنى تدرج التوتر $u_C(t)$ بين لبوسى المكثفة أثناء التفريغ (الشكل 3)

أثناء شحن وتفريغ مكثفة في ثنائي قطب RC يستمر النظام الانتقالي لمدة 5τ

تختلف مدة التفريغ والشحن على قيمة أي على قيمتي R و C .

أثناء شحن وتفريغ مكثفة في ثنائي قطب RC يستمر النظام الانتقالي لمدة 5τ

تختلف مدة التفريغ والشحن على قيمة أي على قيمتي R و C .

أثناء شحن وتفريغ مكثفة في ثنائي قطب RC يستمر النظام الانتقالي لمدة 5τ

تختلف مدة التفريغ والشحن على قيمة أي على قيمتي R و C .

أثناء شحن وتفريغ مكثفة في ثنائي قطب RC يستمر النظام الانتقالي لمدة 5τ

تختلف مدة التفريغ والشحن على قيمة أي على قيمتي R و C .

أثناء شحن وتفريغ مكثفة في ثنائي قطب RC يستمر النظام الانتقالي لمدة 5τ

تختلف مدة التفريغ والشحن على قيمة أي على قيمتي R و C .

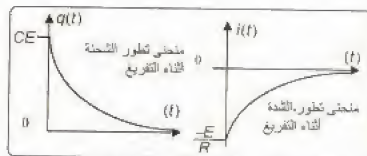
أثناء شحن وتفريغ مكثفة في ثنائي قطب RC يستمر النظام الانتقالي لمدة 5τ

تختلف مدة التفريغ والشحن على قيمة أي على قيمتي R و C .

أثناء شحن وتفريغ مكثفة في ثنائي قطب RC يستمر النظام الانتقالي لمدة 5τ

تختلف مدة التفريغ والشحن على قيمة أي على قيمتي R و C .

أثناء شحن وتفريغ مكثفة في ثنائي قطب RC يستمر النظام الانتقالي لمدة 5τ

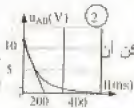
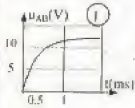
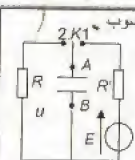


تتناقص الشحنة إلى أن تتعدى
وتصبح $u_C = 0$
تطور الشدة لدينا: $i = \frac{dq(t)}{dt}$
ومنه: $i = -\frac{E}{R} e^{-t/RC}$

4 - الطاقة المخزنة في مكثفة
تشكل المكثفة المشحونة خزاناً للطاقة، يمكن استرجاعها في دارة (مبدأ ومضات آلة تصوير) فإذا كان
التوتر بين قطبي مكثفة u_C وشحنة أحد التوسين q وسعتها C فإن الطاقة المخزنة في مكثفة هي:

$$E = \frac{1}{2} \frac{q}{C} = \frac{1}{2} C u_C^2 = \frac{1}{2} q u_C$$

تطبيق 4



1. بين أنه من أجل $t > 0$ فإن: $RC \frac{du_C}{dt} + u_C = 0$
(مع توجيه الدارة).

2. تحقق من أن الحل للمعادلة التفاضلية يمكن أن

يعبر عنه بالشكل $u_C(t) = A e^{-t/RC}$ حيث A ثابت

يحدد من الشروط الابتدائية.

3. أرفق بكل منحنى الظاهرة المشاهدة شحناً أو تفريغاً مع التعليل.

4. استنتج عبارة $i(t)$ أثناء التفريغ ثم أرس شكل المنحنى البياني الموافق

5. ما عبارة τ لشعالي القطب RC بحدد قيمته من المنحنى $u_C(t)$ واستنتج قيمة سعة المكثفة C

6. حدد قيمة R (دائرة الشحن).

7. ما الطاقة الضائعة بفعل جول في المقاومة عندما تتفريغ المكثفة بشكل تام.

الحل:

1. في اللحظة $t = 0$ نضع القاطعة في الوضع 1

وبتطبيق قانون جمع التوترات: $u_R + u_C = 0 \rightarrow R i + u_C = 0 \dots (1)$

ولدينا: $i = C \frac{du_C}{dt}$ و $q = C u_C$ و $i = \frac{dq}{dt}$

فإن: $i = C \frac{du_C}{dt}$ نجد $0 = RC \frac{du_C}{dt} + u_C$

2. إذا كان: $u_C(t) = A e^{-t/RC}$ بالاشتقاق بالنسبة للزمن: $\frac{du_C(t)}{dt} = -\frac{A}{RC} e^{-t/RC}$ وبالتعويض في (1)

$0 = RC \frac{du_C}{dt} + u_C = -\frac{RCA}{RC} e^{-t/RC} + A e^{-t/RC} = 0$

جديد A : في اللحظة $t = 0$ $u_C = E$ ومنه: $u_C(0) = A e^0 = A$

منه: $A = E$ وبكبح حل المعادلة التفاضلية بالشكل: $u_C(t) = E e^{-t/RC}$

المنحنى 1 يوافق منحنى شحن المكثفة لأن $u_C(t)$ دالة متزايدة في الزمن والمنحنى 2 يوافق

ديف المكثفة لأن التوتر بين قطبي المكثفة دالة متناقصة في الزمن.

3. عبارة $i(t)$ وشكل المنحنى الموافق له: لدينا

$i(t) = -\frac{CE}{RC} e^{-t/RC} = -\frac{E}{R} e^{-t/RC}$ ومنه: $i(t) = -\frac{E}{R} e^{-t/RC}$

شكل المنحنى أثناء التفريغ هو:

6. عبارة $\tau = RC$

يبحث بقدر R بالأوم و C بالفاراد و τ بالثانية.

بحد قيمة τ نرمس المماس لمنحنى التفريغ عند اللحظة $t = 0$ فيقطع

محور الفواصل عند $t = \tau$ فيكون $t = 110 \text{ ms}$ وقيمة C :

$C = \tau / R = 110 \cdot 10^{-3} / 500 = 22 \cdot 10^{-6} \text{ F}$

1. حساب قيمة R : نرمس المماس لمنحنى الشحن عند اللحظة $t = 0$

فيقطع محور الترتيب عند $R' = R \cdot C = 0.228$ ومنه: $R' = r' / C = 1000 \Omega$

عندما تتفريغ المكثفة بشكل تام فإن الطاقة التي خزنها المكثفة تسترجع وتستهلك في النقل

الأي على شكل حرارة بفعل جول. $W = \frac{1}{2} C E^2 = 0.5 \cdot 22 \cdot 10^{-6} \cdot 12^2 = 1.32 \cdot 10^{-3} \text{ J}$

نمايين

مربعين 1

مسئلة حول الدرس:

a. ما هي العلاقة التي تربط بين السعة والشدة

ب. ما هي العلاقة التي تربط بين السعة والشدة

ج. ما هي العلاقة التي تربط بين السعة والتوتر

د. ما هي العلاقة التي تربط بين السعة والتوتر

هـ. ما هي العلاقة التي تربط بين السعة والتوتر

و. ما هي العلاقة التي تربط بين السعة والتوتر

ز. ما هي العلاقة التي تربط بين السعة والتوتر

ح. ما هي العلاقة التي تربط بين السعة والتوتر

ط. ما هي العلاقة التي تربط بين السعة والتوتر

ي. ما هي العلاقة التي تربط بين السعة والتوتر

ك. ما هي العلاقة التي تربط بين السعة والتوتر

ل. ما هي العلاقة التي تربط بين السعة والتوتر

م. ما هي العلاقة التي تربط بين السعة والتوتر

ن. ما هي العلاقة التي تربط بين السعة والتوتر

س. ما هي العلاقة التي تربط بين السعة والتوتر

ع. ما هي العلاقة التي تربط بين السعة والتوتر

يقطع الخط المقارب $U_C = E$ والموازي لمحور الزمن عند الفاصلة $t = \tau = 1\mu s$
 3. قيمة سعة المكثفة C : لدينا: $\tau = RC$ ومنه: $C = \tau/R = 10^{-6}/100 = 10^{-8}F$

4. حساب الطاقة المخزنة في المكثفة: $E = \frac{1}{2}CE^2 = 0.5 \times 10^{-8} \times 25 = 12.5 \times 10^{-8}J$

تمرين 7

- يوجد بين قطبي مكثفة مشحونة سعتها $C = 56\mu F$ $E = 4V$ نشكل في اللحظة $t = 0$ دائرة RC يربط ناقل أومي مقاومته $R = 100\Omega$ بين قطبيها.
 1/ أرسم شكلا للدارة وجهها.
 2/ ما هو الشق الابتدائي للتيور U_C بين قطبي المكثفة ؟
 b. ما هي الطاقة المخزنة في المكثفة ؟
 3/ اكتب المعادلة التفاضلية للتيور U_C طرفي المكثفة.
 4/ تحقق من أن $Ee^{-t/\tau} = U_C(t)$ هو حل للمعادلة التفاضلية، أوجد قيمة τ .
 5/ أوجد عبارة الطاقة المخزنة في المكثفة بدلالة الزمن من أجل $t > 0$
 a. احسب قيمتها في اللحظات $t = 0$ و $t = 10ms$



1. رسم شكل الدارة وتوجيهها:
 2. -a. في اللحظة $t = 0$ فإن: $U_C(0) = E = 4V$
 b. الطاقة المخزنة في المكثفة عند اللحظة $t = 0$
 $E = \frac{1}{2}CU_C^2 = \frac{1}{2}CE^2 = \frac{1}{2} \times 56 \times 10^{-6} (4)^2 \rightarrow E = 4.48 \times 10^{-4}J$
 3. عبارة المعادلة التفاضلية:

من قانون جمع النوترات: $Ri + U_C = 0$

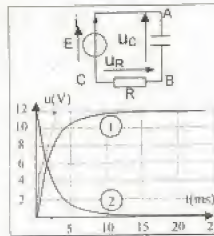
وباعتبار: $RC \frac{dU_C}{dt} + U_C = 0$ ومنه: $i = C \frac{dU_C}{dt} \rightarrow U_R = RC \frac{dU_C}{dt}$ $U_R = Ri$
 4. التأكد من أن $U_C(t) = Ee^{-t/\tau}$ هو حل للمعادلة التفاضلية: لدينا: $\frac{dU_C}{dt} = -\frac{E}{\tau}e^{-t/\tau}$ ومنه فالتيور

بالتعويض في المعادلة التفاضلية: $-\frac{E}{\tau}e^{-t/\tau} + \frac{E}{\tau}e^{-t/\tau} = 0$ ومنه فالتيور $U_C(t) = Ee^{-t/\tau}$ هو حل للمعادلة التفاضلية.

5. عبارة الطاقة المخزنة في المكثفة بدلالة t :
 $E = \frac{1}{2}CE^2 = \frac{1}{2}CE^2e^{-2t/\tau} = \frac{1}{2}CE^2(0.9)^2$ في اللحظة $t = 0$: $E = \frac{1}{2}CE^2 = 4.48 \times 10^{-4}J$
 وفي اللحظة $t = \tau$: $E = \frac{1}{2}CE^2e^{-2} = 1.66 \times 10^{-4}J$
 في اللحظة $t = 10ms$: $E = \frac{1}{2}CE^2e^{-3.57} = 1.26 \times 10^{-5}J$

تمرين 8

لنحسب مكثفة سعتها C مجهولة عبر ناقل أومي مقاومته $R = 500\Omega$ يمولد ق م ك $E = 12V$. نغلق الدارة في اللحظة $t = 0$ ونسجل تطور U_C بين قطبي المكثفة ويطاين قطبي الناقل الأومي فيحصل على لمحنيتين التاليتين:



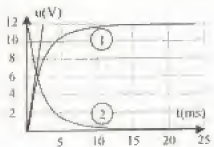
ع. حدد المنحنى الموافق لـ U_R والمنحنى الموافق لـ U_C ما هو المقدار الذي يسمح بملاحظة U_R ؟
 ما قيمتي U_C و U_R في النظام الدائم وهل تم بلوغه؟
 باستعمال التحليل البعدي حدد العبارة الموافقة لـ τ من العبارات التالية: $\tau = RC$, $\tau = 1/RC$, $\tau = R/C$, $\tau = C/R$
 حدد بياضيا قيمة τ بطريقتين مختلفتين.
 استنتج القيمة التقريبية لسعة المكثفة.
 حدد الطاقة المخزنة في المكثفة المحققة.
 أوجد عبارة المعادلة التفاضلية للتيور U_C بين طرفي المكثفة.

ل. تحديد المنحنى الموافق لكل من U_R و U_C :
 1- يوافق U_C لأنه دالة متزايدة في الزمن
 2- يوافق U_R لأنه دالة متناقصة في الزمن

لدينا $Ri = U_R$ وبالتالي فإن U_R يسمح بملاحظة $i(t)$.

في النظام الدائم (عند نهاية الشحن) فإن: $U_C = E = 12V$, $i = 0 \rightarrow U_R = 0$
 وبالتحليل البعدي لمختلف العبارات نجد أن العبارة الموافقة لـ هي:

$\tau = RC \rightarrow [\tau] = [RC] = [R][C] \rightarrow [R] = [U]/[I], [C] = [q]/[U], [q] = [I][t] \rightarrow [C] = \frac{[I][t]}{[U]}$



لتحديد قيمة τ بياضيا:
 نرسم المماس للمنحنى U_C في اللحظة $t = 0$
 لعل الخط المقارب $U_C = E$ عند اللحظة $t = \tau = 2.3ms$
 في اللحظة $t = \tau$ فإن $U_C = 0.63E$
 أن $U_C = 7.6V$ والذي نوافق $t = \tau = 2.3ms$

استنتاج قيمة سعة المكثفة: $\tau = RC \rightarrow \tau = 2.3ms \rightarrow C = \tau/R = 2.3 \times 10^{-3}/500 = 4.6 \times 10^{-6}F$

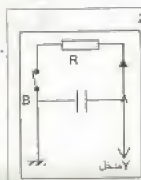
طاقة المخزنة في المكثفة: لدينا: $E = \frac{1}{2}CE^2 = 0.5 \times 4.6 \times 10^{-6} \times 144 = 3.3 \times 10^{-4}J$

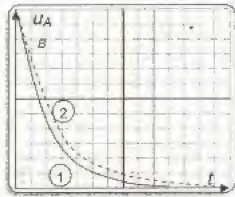
عبارة المعادلة التفاضلية لدينا $E = U_C + U_R$ بما أن:

$RC \frac{dU_C}{dt} + U_C = E$ ومنه: $i = C \frac{dU_C}{dt} \rightarrow U_R = Ri$

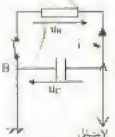
تمرين 9

مكثفة مشحونة سعتها $C = 5\mu F$ تحت تيور $U_{AE} > 0$ المكثفة مبربوطة دارة مغلقة بالشكل التالي وتم ضبط اشتغال تيور U_{AB} براسم الاهتزاز بطبي على الفحو التالي: قاعدة الزمن $1ms/div$ ، الحساسية الشاقولية $1V/div$ ، نغلق الدارة في اللحظة $t = 0$.
 استنتج المعادلة التفاضلية المحققة للتيور U_{AB} بين قطبي المكثفة، تحديد الشرط الابتدائي للتيور U_{AB} .
 نحصل على المنحنى (1) باستخدام ناقل أومي مقاومته $R_1 = 500\Omega$ بمتعلبا ناقل أومي مقاومته R_2 نحصل على المنحنى (2).



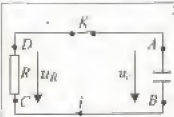


- a. ما قيمة U_0 ؟
 b. حدد بعد فحص المنحنيين المقاومة الكبيرة، اقترح طريقة لتحديد R_2 ؟ واحسب قيمتها .
 3. احسب الطاقة المخزنة في المكثفة أثناء الشحن .
 b. استنتج قيمة الطاقة المستهلكة في R_1 بفعل جول عند ما ينتهي تفريغ المكثفة .
 c. هل تختلف هذه الطاقة في حالة R_2 ؟ علل إجابتك .
 4. احسب الطاقة المستهلكة في الناقل ذو المقاومة R_2 عند اللحظة $t = 7ms$
 b. هل تختلف هذه الطاقة مع R_1 هل هي أكبر أو أصغر مع R_2 ؟



- الحل:
 1. استنتاج المعادلة التفاضلية: لدينا: $U_R + U_C = 0$ (1)..
 وباعتبار العلاقات: $U_R = Ri$ و $i = C \frac{dU_C}{dt} \rightarrow U_R = RC \frac{dU_C}{dt}$
 نجد: $R.C \frac{dU_C}{dt} + U_C = 0$ الشروط الابتدائية: $t = 0$ فإن $U_{C0}(0) = U_0$
 a. قيمة U_0 : من البيان وباعتبار الحساسية الشاقولية فإن: $U_0 = 12div \times 1V/div = 12V$
 b. لدينا عبارة ثابت الزمن: $\tau = R.C$ فكلما زادت R زاد τ وزاد زمن التفريغ فـ $R_1 < R_2$
 - تحديد قيمة R_2 نرسم المسار للمنحنى 2 في اللحظة $t = 0$ فيقطع محور الزمن عند τ_2
 ومنه: $\tau_2 = R_2 C \rightarrow R_2 = 3.10^3 / 5.10^{-6} = 600\Omega$ و $\tau_1 = 3div.1ms/div = 3ms$
 3. احسب الطاقة المخزنة في المكثفة: $E = 0.5CU_0^2 = 0.5.5.10^{-6}.144 = 3.6.10^{-4}J$
 b. قيمة الطاقة المستهلكة في R_1 بفعل جول تساوي الطاقة المخزنة في المكثفة
 $E = E' = 3.6.10^{-4}J$
 c. نعم تختلف هذه الطاقة مع الطاقة في حالة R_2 .
 لأن شحن المكثفة يتوقف على قيمة المقاومة
 4. احسب الطاقة المستهلكة في R_2 عند اللحظة $t = 7ms$ من البيان فإن :
 ومنه: $U_C(7ms) = 2div \times 1V/div = 2V$
 الطاقة الباقية في المكثفة ، وتكون الطاقة المستهلكة بفعل جول في المقاومة هي:
 $E'' = 3.6.10^{-4} - 10.10^{-6} = 3.5.10^{-4}J$
 b. تختلف هذه الطاقة مع R_1 وهي أصغر في حالة R_2 .

تمرين 10



- تحتوي الدارة الميضية بالشكل مقاومة ومكثفة سعيتها مشحونة في البداية تحت توتر $E = U_C$ حيث $E > 0$ عند اللحظة $t = 0$ نغلق الدارة.
 1. عين علاقة شدة تيار i بدلالة شحنة المكثفة q ثم بدلالة التوتر U_C .
 2. اكتب المعادلتين التفاضليتين المحققتين لـ: U_C, q .
 3. هاتين المعادلتان التفاضليتان ثقلان حلين من الشكل:
 $U_C = Ae^{-t/\tau}, q = Be^{-t/\tau}$ عين العلاقات الحرفية لـ: A, B, τ, E بدلالة R, C .
 4. ماهي علاقة $i(t)$ مع تحديد اتجاه التيار ؟

لدينا: $q = q_A = CU_{AB} = Cu_C$ وحسب اتجاه التيار لدينا:

$$i = \frac{dq_A}{dt} = C \frac{dU_C}{dt}$$

المعادلتان التفاضليتان لـ: U_C, q : بتطبيق قانون التوترات: $U_{AB} + U_{BC} + U_{CD} + U_{DA} = 0$

$$U_C + 0 + Ri + 0 = 0 \rightarrow U_C + Ri$$

$$U_C = \frac{q}{C} \text{ حيث: } q + RC \frac{dq}{dt} = 0 \text{ ومنه: } i = C \frac{dU_C}{dt} \rightarrow U_C + RC \frac{dU_C}{dt} = 0$$

تحسين للعلاقات الحرفية لـ: A, B, τ, t' لدينا: A, B, τ, t' : لدينا: $U_C = Ae^{-t/\tau}$ و $q = Be^{-t/\tau}$

$$1 - \frac{RC}{\tau} = 0 \leftarrow \left(1 - \frac{RC}{\tau}\right) Ae^{-t/\tau} = 0 \text{ ومنه: } U_C + RC \frac{dU_C}{dt} = Ae^{-t/\tau} - RC \frac{A}{\tau} e^{-t/\tau} = 0$$

$$E = A \text{ ومنه: } U_C = E = Ae^0 \text{ عند } t = 0 \text{ فإن: } U_C = E$$

$$q = Be^{-t/\tau} \text{ ومنه: } \frac{dq}{dt} = -\frac{B}{\tau} e^{-t/\tau} \text{ وبالتعويض نجد:}$$

$$q + RC \frac{dq}{dt} = Be^{-t/\tau} - RC \frac{B}{\tau} e^{-t/\tau} = 0$$

$$\left(1 - \frac{RC}{\tau}\right) Be^{-t/\tau} = 0 \rightarrow 1 - \frac{RC}{\tau} = 0 \rightarrow \tau = RC$$

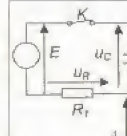
$$B = C \leftarrow E = q = CE = Be^0 \text{ عند } t = 0 \text{ فإن: } B = CE$$

علاقة $i(t)$ وجهة التيار:

$$i = \frac{dq}{dt} = -\frac{CE}{RC} e^{-t/\tau} \rightarrow i(t) = -\frac{E}{R} e^{-t/\tau} \leftarrow q = Be^{-t/\tau} = CE e^{-t/\tau}$$

ما تكن قيمة i فإن $i(t)$ سالبة إذن اتجاه التيار يعكس دوما اتجاه الدارة.

تمرين 11



ما هي علاقة ثابت الزمن τ لدارة (RC) ؟ حدد وحدة قياسها
 تعمل التحليل البعدي.

ندرس شحن مكثفة بواسطة الدارة الممثلة بالشكل المقابل.

التي $t = 0$ نغلق القاطعة فنحصل على البيان المرفق

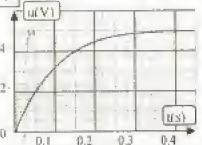
عين بيانيا ثابت الزمن τ لهذه الدارة.

احسب قيمة توتر المكثفة في اللحظة $t = \tau$

عين قيمة q في $t = \tau$ م ك للمولد.

عبر عن τ بدلالة مميزات هذا الجزء الدارة. استنتج قيمة R_1

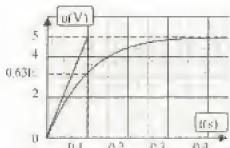
طوبت: $R_2 = 750\Omega$ و $C = 1.0.10^{-6}F$



$$\tau = RC \rightarrow [r] = [RC] = [R][C] \rightarrow [R] = \frac{[U]}{[I]}, [C] = \frac{[q]}{[U]}, [q] = [U][C]$$

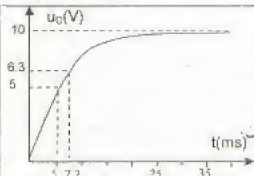
$$[r] = \frac{[U][C]}{[U]} = [C]$$

عينين ثابت الزمن τ بيانيا: نرسم المسار



- للمنحنى u_C في اللحظة $t=0$ يقطع الخط المقارب
 $t=\tau=0.1s$ عند اللحظة $u_C=E$
 ب. حساب قيمة توتر المكثفة في اللحظة $t=\tau$:
 $E=5V$
 في اللحظة $t=\tau$ فإن $u_C=0.63E$ أي أن $u_C=3.1V$
 ج. تعيين قيمة λ في M كالمولود:
 بتطبيق قانون جمع التيارات: $R_1 + R_2 = \frac{E}{i}$ ومنه:
 $u_C = E - (R_1 + R_2)i$
 عند نهاية الشحن $i=0$ ومنه: $u_C = E=5V$
 د. التعبير عن τ واستنتاج قيمة R_1 :
 $\tau = (R_1 + R_2)C$
 ومنه: $R_1 = \frac{\tau}{C} - R_2 = \frac{0.1}{10^{-4}} - 750 = 250\Omega$

تمرين 12



- خلال تجربة شحن مكثفة تحت توتر ثابت E من خلال ناقل أومي مقاومته R حصلنا على البيان التالي الذي يمثل علاقة التوتر بين طرفي المكثفة بدلالة الزمن
 1/ حدد من البيان:
 أ - قيمة التوتر u_C بين طرفي المكثفة عند نهاية الشحن.
 ب - ثابت الزمن τ .
 ج - خلال كم من الزمن تعتبر المكثفة وصلت إلى شحنتها القصوى؟ قارن هذا الزمن مع τ .
 د - تعرف زمن $t_{1/2}$ حيث $u_C = u_{max}/2$ علما أن $t_{1/2} = \tau \ln 2$ استنتج τ .
 2/ احسب قيمة سعة المكثفة علما أن $R = 2.18k\Omega$ مقاسة بالأومتر. أعط تائيدا لهذه القيمة.
 علما أن t قيم بتقريب $0.1ms$ وأن $R \rightarrow 0.01k\Omega$.
 3/ احسب الطاقة المخزنة في المكثفة.

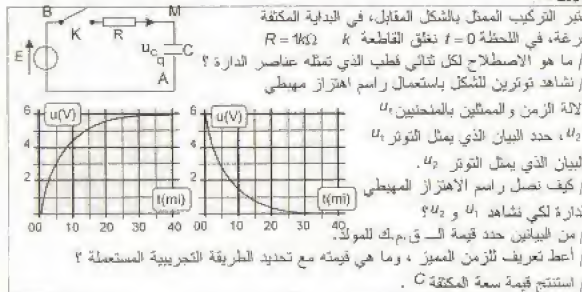
الحل:

- 1/ أ - قيمة التوتر u_{AB} : في النظام الدائم التوتر بين طرفي المكثفة يؤول إلى $u_C = 10V$
 ب - ثابت الزمن τ : ثابت الزمن يوافق الزمن الذي يكون فيه $u(t) = 0.63u_{max}$
 ومنه: $u = 8.3V$ و $\tau = 7.2ms$
 ج - حساب t : من البيان المكثفة وصلت إلى شحنتها القصوى عند $t \approx 35ms$ تقريبا يساوي 5τ .
 د - قيمة $t_{1/2}$: $t_{1/2} = \tau \ln 2 = 5ms$ ومنه: $u = u_{max}/2 = 5V$
 2/ حساب قيمة السعة: لدينا: $\tau = RC$ ومنه: $C = \frac{\tau}{R} = \frac{7.2 \times 10^{-3}}{2.18 \times 10^3} = 3.3 \times 10^{-6} F$
 نعتبر أن τ قيم بتقريب $0.1ms$ وأن $R \rightarrow 0.01k\Omega$
 $C < \frac{7.3 \times 10^{-3}}{2.17 \times 10^3} < C < \frac{7.1 \times 10^{-3}}{2.19 \times 10^3}$ ومنه $3.36 \times 10^{-6} < C < 3.24 \times 10^{-6}$ ومنه:

$$C = (3.30 \times 10^{-6} \pm 0.06 \times 10^{-6}) F$$

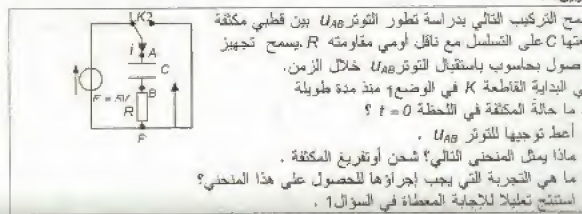
$$E_C = \frac{1}{2} C u_C^2 = 0.16mJ$$

تمرين 13

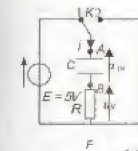
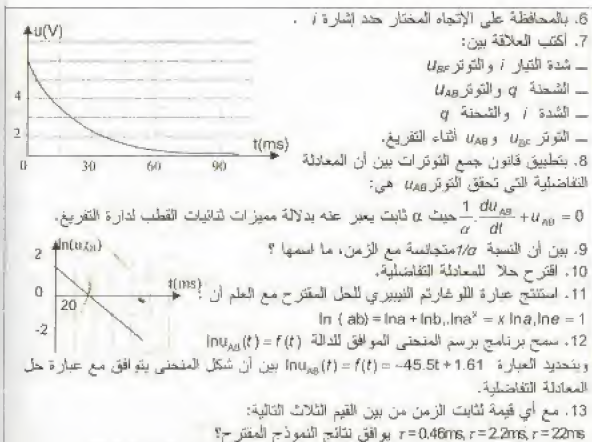


- بدر التركيب الممثل بالشكل المقابل، في البداية المكثفة فارغة، في اللحظة $t=0$ نغلق القاطعة K $R=4k\Omega$
 ما هو الاصطلاح لكل ثنائي قطب الذي تمثلته عناصر الدارة؟
 نلاحظ توترين للشحن باستعمال راسم اهتزاز مهبطي
 دالة الزمن والممثلين بالمنحنيين u_1 و u_2
 حدد البيان الذي يمثل التوتر u_1
 البيان الذي يمثل التوتر u_2 .
 كيف نصل راسم الاهتزاز المهبطي
 بدارة لكي نلاحظ u_1 و u_2 ؟
 أعط تعريف لثلاث المميز، وما هي قيمته مع تحديد الطريقة التجريبية المستعملة؟
 استنتج قيمة سعة المكثفة C .
 الحل:
 المكثفة والمقاومة يمثلان ثنائي قطبين خاملين لأن التيار يدخل من قطبيهما الموجب
 ما المولد يمثل ثنائي قطب نشيط لأن التيار يخرج من قطبيه الموجب.
 التوتر u_C يمثل البيان التوتر u_1 لأن التوتر يزداد مع مرور الزمن إلى أن يبلغ القيمة الثابتة E
 يكون عندئذ du_C/dt يؤول إلى الصفر وبالتالي فإن: $u_C = u_2$ يمثلته البيان u_2 .
 نصل النقطة M بالأرض وننظف A و B بالمخيلين Y_1 و Y_2 راسم الاهتزاز المهبطي
 تحديد قيمة E : عندما تشحن المكثفة فإن: $u_C = E = 6V$
 تعريف الزمن المميز: هو الزمن اللازم لبلوغ الجملته 63%
 من قيمتها العظمى أي: $u_C = 0.63E = 0.63 \times 6 = 3.78V$
 في القيمة $u_C = 3.78V$ على البيان فنجد قاصبتها $t \approx 10ms$
 استنتاج قيمة C : لدينا: $\tau = RC$ ومنه:
 $C = \tau/R = 10^{-2}/10^3 = 10^{-5} F = 10\mu F$

تمرين 14



- سمح التركيب التالي بدراسة تطور التوتر u_{AB} بين قطبي مكثفة متنا على C في التسلسل مع ناقل أومي مقاومته R . سمح تجهيز صول بحاسوب باستقبال التوتر u_{AB} خلال الزمن.
 في البداية القاطعة K في الوضع 1 منذ مدة طويلة ما حالة المكثفة في اللحظة $t=0$ ؟
 أعط توجيها للتوتر u_{AB} .
 ماذا يمثل المنحنى التالي؟ شحن أو تفريغ المكثفة.
 ما هي التجربة التي يجب إجراؤها للحصول على هذا المنحنى؟
 استنتج تائيدا للإجابة المعطاة في السؤال 1.

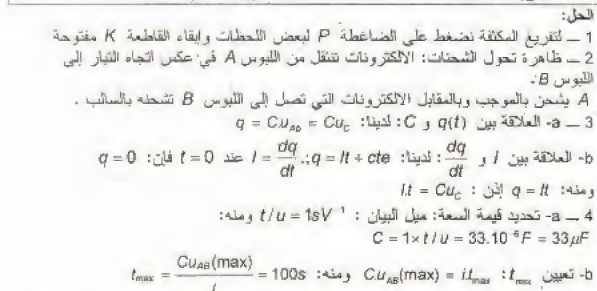
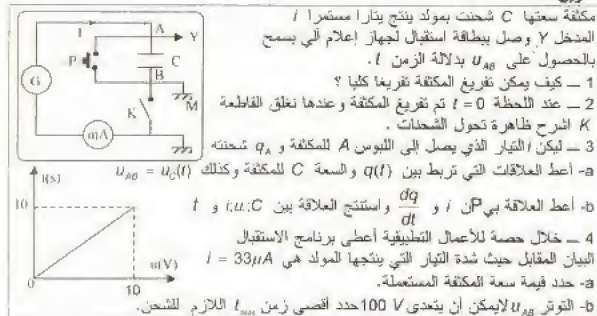


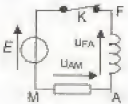
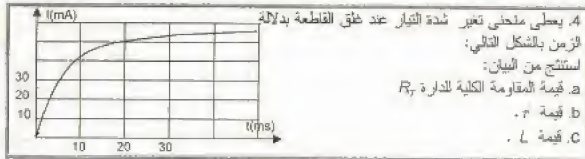
- الحل:
- عند $t = 0$ المكثفة مشحونة.
 - توجيه التوتر بين A, B
 - المنحنى يمثل تفريغ المكثفة لأن التوتر U_{AB} دالة متناقصة في الزمن.
 - يتم تفريغ المكثفة بوضع القاطعة في الوضع 2 للحصول على المنحنى.
 - ما يفسر الإجابة على السؤال 1 هو تناقص التوتر U_{AB} انطلاقا من القيمة $U_{AB} = E = 5V$
 - بالاحتفاظ بالاتجاه المعطى لشدة التيار فإن إشارته أثناء التفريغ تكون سالبة.
 - العلاقة بين U_{AB} و U_{BC} : $U_{BC} = U_R = Ri$ ، العلاقة بين U_{AB} و U_{BC} : $q_A = C U_{AB}$ ، العلاقة بين q_A و i : $i = dq_A/dt = dq/dt$ ، العلاقة بين U_{BC} و U_{AB} : $U_{BC} = -U_{BA} = -U_{AB}$ ($A = F$) ، $U_{BC} = Ri$
 - المعادلة التفاضلية: بتطبيق قانون جمع التوترات: $U_{AB} + Ri = 0 \rightarrow U_{AB} + \frac{R}{C} \frac{dU_{AB}}{dt} = 0$ ومنه: $RC \frac{dU_{AB}}{dt} + U_{AB} = 0, \frac{1}{\alpha} = RC \rightarrow \frac{1}{\alpha} \frac{dU_{AB}}{dt} + U_{AB} = 0$
 - التحليل البعدي: $1/\alpha = RC \sim 1/[a] = [RC] = [C] \cdot [R]$
 - حل المعادلة التفاضلية هو من الشكل:

$$U_{AB}(t) = Ke^{-t/\alpha} \quad \text{باعتبار الشروط الابتدائية فإن: } U_{AB}(0) = K = E = 5V \quad \text{و } \alpha = \frac{1}{m} = RC$$

- و منه: $b = 0$ ومنه: $U_{AB}(t) = Ee^{-t/\alpha} = U_{AB}(0)e^{-t/\alpha}$
11. بتطبيق التنكير الرياضي المعطى فإن: $\ln U_{AB}(t) = \ln E - \frac{t}{\alpha} = \ln 5 - \frac{t}{\alpha}$
12. هذه العلاقة $\ln U_{AB}(t) = \ln E - \frac{t}{\alpha} = \ln 5 - \frac{t}{\alpha}$ تتوافق مع $\ln U_{AB}(t) = -45.5t + 1.61 - \frac{t}{\alpha}$
- وهي معادلة مستقيم تتوافق مع حل المعادلة التفاضلية.
13. من الجواب السابق فإن $\alpha = 45.5 \text{ s}^{-1}$ ومنه: $r = 1/\alpha = 22 \text{ ms}$
- وبالتالي القيمة الموافقة من بين القيم المقترحة هي $r = 22 \text{ ms}$

تمرين 15





- الحل:
1. لمشاهدة شدة التيار نربط المعدل 1 بالنقطة A والنقطة M بالنقطة B.
2. تحديد سهمي التوتر (الشكل):

ب. بتطبيق قانون جمع التوترات: $u = u_{AB} + u_R$ من أجل $t > 0$ فإن:

$$u_{AB} + u_R = E \Leftrightarrow u = E$$

وباعتبار اصطلاح أخذة فإن: $u_{AB} = L \frac{di}{dt}$ و $u_R = R i$ ومنه:

$$\frac{di}{dt} + \frac{R}{L} i = \frac{E}{L} \quad \text{نضع } \frac{di}{dt} + \frac{(r+R)i}{L} = \frac{E}{L} \quad \text{أي } \frac{di}{dt} + r i + R i = \frac{E}{L}$$

3. لدينا: $i = (1 - e^{-t/\tau}) \frac{E}{R}$ هذه العلاقة بالنسبة للزمن $(R = r + R')$

وبالتعويض في المعادلة التفاضلية $\frac{di}{dt} + \frac{i}{\tau} = \frac{E}{R}$ نجد:

$$E = \frac{E R}{R} (1 - e^{-t/\tau}) + \frac{L E}{R \tau} e^{-t/\tau} = E + E e^{-t/\tau} \left(-1 + \frac{L}{R \tau} \right)$$

$$\tau = \frac{L}{R} \leftarrow \frac{L}{R \tau} = 1 \quad \text{إذا كان } \tau = \frac{L}{R}$$

نسوي τ وبأي زمن الدارة.

4. في النظام الدائم $\frac{di}{dt} = 0 \rightarrow i = i_0 = \frac{E}{R}$

نحصل على قيمة i_0 برسم الخ المقارب للمنحنى البياني فنجد $i_0 = 55 \text{ mA}$

ومنه: $R = \frac{E}{i_0} = \frac{6}{0.055} = 109 \Omega \sim E = 6 \text{ V}$

ب. برسم المماس للمنحنى في اللحظة $t = 0$ فيقطع الخط المقارب في النقطة C فاصلتها

$t = \tau = 7 \text{ ms} = 7.10^{-3} \text{ s}$ ومنه $\tau = t$

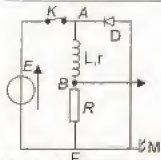
$L = R \tau = 109 \times 7.10^{-3} = 0.76 \text{ H}$

3. قطع التيار في الدارة $R L$

أ. قطع التيار: من أجل دراسة قطع التيار في دارة ثنائي قطب $R L$ نحقق التركيب الممثلة بالمخطط التالي: عندما نغلق الدارة لا يمر تيار في الصمام التثاقلي D

والوشعية يمر فيها تيار تصل قيمته في النظام الدائم $i_0 = E/R$

عندما نفتح الدارة (نقطع التيار الآتي من المولد) فانفلق الأرمي والوشعية والصمام التثاقلي تشكل دارة على التسلسل يمر فيها نفس التيار حيث يصبح



تطور الحمل الكهربائي

صمام ممرًا ويتصرف كقاطعة مغلقة.

ملاحظة: يجب تجنب فتح دارة مغلقة تحتوي وشعية مغذاة من طرف مولد في حالة الشغل في غياب وجود صمام ثنائي لتفادي التعرض لشرارات عند الدارة لأن الصمام التثاقلي يعظم استقرار مرور التيار في الوشعية.

لمعادلة التفاضلية للدارة:

قبل فتح القاطعة شدة التيار مساوية للشدة في النظام المقارب (النظام الدائم) أي: $i_0 = E/R_T$

عند فتح الدارة في اللحظة $t = 0$ لاتعتمد شدة التيار لحظيا، فيمر في الصمام ويتطبيق قانون

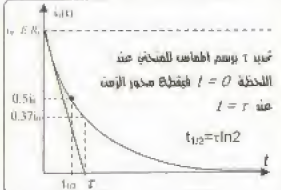
مع التوترات فإن: $u = u_{AB} + u_R = R i + L \frac{di}{dt} = E$

توتر بين طرفي الصمام معزوم $u = 0$ ومنه: $\frac{di}{dt} + \frac{(r+R)i}{L} = 0$

معادلة تفاضلية من الدرجة الأولى بمعاملات ثابتة دون طرف ثان.

حل المعادلة التفاضلية:

ب. العام للمعادلة التفاضلية $\frac{di}{dt} + \frac{i}{\tau} = 0$ من الشكل: $i(t) = A e^{-t/\tau} + b$ حيث A, b, m ثابت.



من المعادلة التفاضلية نجد $m = -1$

$A = \frac{E}{R_1}$ وباعتبار الشروط الابتدائية: $b = 0$

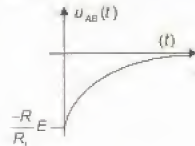
التالي فإن: $i(t) = \frac{E}{R_1} e^{-t/\tau} = i_0 e^{-t/\tau}$

تكون شكل المنحنى الممثل لشدة تيار القطع:

التوتر بين قطبي الوشعية

نأ: $u_{AB} = -R i_0 e^{-t/\tau} = -\frac{R}{R_1} E e^{-t/\tau}$

$u_{AB} = -R i_0 e^{-t/\tau} = -\frac{R}{R_1} E e^{-t/\tau}$



تأثير معيزات ثنائي القطب $R L$ على τ لدينا: $\tau = \frac{L}{R + r}$

يزداد τ كلما زادت L .

يتناقص τ كلما زادت المقاومة الكلية للدارة.

الطاقة المخزنة في وشعية

لحافة المخزنة في وشعية: $E = \frac{1}{2} L i^2$ حيث $E: (J), L: (H), i: (A)$

تخزن الوشعية طاقة عندما يمر فيها تيار كهربائي تعيدها عند فتح الدارة فهي بخلاف المكثف

ي تبقى الطاقة مخزنة فيها بعد فتح الدارة.

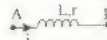
يستعمل تخزين واسترجاع الطاقة في الوشعية في التحميم عن طريق القوس الكهربائي وإشعال

أقد المباديات التي تستعمل الغاز كوقود.

تمارين

تمرين 1

أجب بصحيح أو خطأ:

- a. لكن الوشعة A ذات القطبين B فإن $u_{AB} = -L \frac{di}{dt} + ri$ 
- b. تكون شدة التيار ثابتة في النظام الانقالي.
- c. في النظام المغارب (الدائم) تكون شدة التيار معدومة.
- d. يتم بلوغ النظام المقارب عمليا بعد $5r$

الحل

a. «خطأ» b. «خطأ» c. «خطأ» d. «خطأ»

تمرين 2

- 1- وجه الدارة وحدد جهة اسم التوتّر ؟
2- اكتب عبارة التوتّر بين قطبي الوشعة .
3- اكتب المعادلة التفاضلية المحققة لشدة التيار بعد غلق الدارة .
- 2- تأكد من أن: $i(t) = Ae^{-\frac{R}{L}t} + \frac{E}{R}$ هو حل للمعادلة التفاضلية.
3- حدد قيمة الثابت A ثم استنتج عبارة القيمة العظمى لشدة التيار.
4- أعط شكل منحنى تغير شدة التيار.
5- أوجد عبارة التوتّر بين قطبي الوشعة u_L وكيف تكون هيأته بدلالة الزمن؟



الحل

1. توجيه الدارة وتحديد اسم التوتّر :

2- كتابة عبارة التوتّر بين قطبي الوشعة: $u_L = L \frac{di}{dt} + ri$

3- كتابة المعادلة التفاضلية المحققة لشدة التيار :

$$R + r = R_t \quad L \frac{di}{dt} + (R + r)i = E \Rightarrow u_L + u_R = E$$

4- التأكد من أن: $i(t) = Ae^{-\frac{R}{L}t} + \frac{E}{R}$ هو حل للمعادلة التفاضلية: بالإشتقاق بالنسبة للزمن

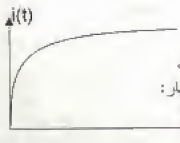
$$\frac{di}{dt} = -\frac{R}{L} Ae^{-\frac{R}{L}t} \Rightarrow \frac{d}{dt} \left(L \frac{di}{dt} + ri \right) = -R Ae^{-\frac{R}{L}t} + R Ae^{-\frac{R}{L}t} = 0$$

$$-L \frac{R}{L} Ae^{-\frac{R}{L}t} + R(Ae^{-\frac{R}{L}t} + \frac{E}{R}) = E \Rightarrow -R Ae^{-\frac{R}{L}t} + R Ae^{-\frac{R}{L}t} + E = E$$

5- لتحديد قيمة الثابت A ثم استنتج عبارة القيمة العظمى لشدة التيار:

$$A = \frac{E}{R_t} \quad i = A + \frac{E}{R_t} = 0 \quad \text{فإن } t = 0$$

ونكون عبارة شدة التيار: $i = \frac{E}{R_t} (1 - e^{-\frac{R}{L}t})$



شكل منحنى تغير شدة التيار:

إيجاد عبارة التوتّر u_L :

$$u_L = L \frac{di}{dt} + ri = L \frac{E}{L} e^{-\frac{R}{L}t} + r \frac{E}{R} e^{-\frac{R}{L}t} = \left(\frac{L}{R} + r \right) E e^{-\frac{R}{L}t}$$

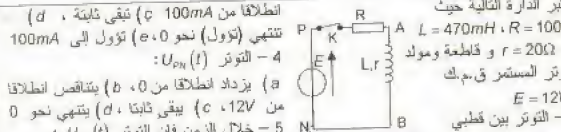
$$u_L = E e^{-\frac{R}{L}t} \left(1 - \frac{r}{R} \right) + r \frac{E}{R}$$

فإن $t = 0$: $u_L = E$ ولما $t \rightarrow \infty$ فإن: $u_L = r \frac{E}{R}$

تمرين 3 QCM

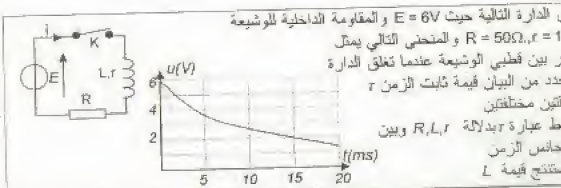
غير الدارة التالية حيث

- $L = 470mH, R = 100\Omega, R_t = 20\Omega$ و قاطعة ومولد
تتغير المستمر \mathcal{E} م.ك.
 $E = 12V$
التوتّر بين قطبي
شعبة يساوي: $(a) - (b) L \frac{di}{dt} + ri$
 $(c) L \frac{di}{dt} - ri$
 $(d) L \frac{di}{dt} + ri$
قيمة ثابت الزمن هو:
 $(a) 235ms$
 $(b) 4.7ms$
 $(c) 39.1ms$
 $(d) 3.91ms$
خلال الزمن فإن شدة التيار
تزداد انطلاقا من 0 تتناقص



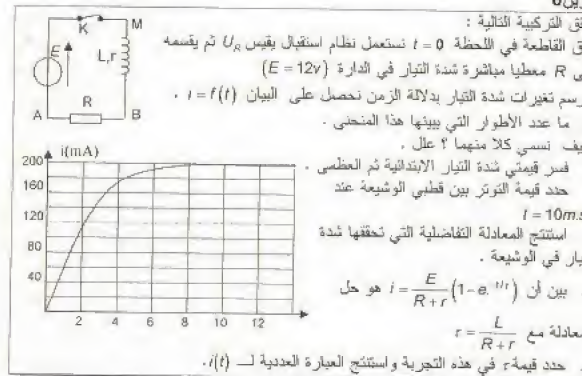
- 4- $(a) \left(L \frac{di}{dt} + ri \right) = E$ $(b) \left(L \frac{di}{dt} + ri \right) = 0$ $(c) \left(L \frac{di}{dt} + ri \right) = E$ $(d) \left(L \frac{di}{dt} + ri \right) = 0$
- 5- $(a) \left(L \frac{di}{dt} + ri \right) = E$ $(b) \left(L \frac{di}{dt} + ri \right) = 0$ $(c) \left(L \frac{di}{dt} + ri \right) = E$ $(d) \left(L \frac{di}{dt} + ri \right) = 0$
- 6- $(a) \left(L \frac{di}{dt} + ri \right) = E$ $(b) \left(L \frac{di}{dt} + ri \right) = 0$ $(c) \left(L \frac{di}{dt} + ri \right) = E$ $(d) \left(L \frac{di}{dt} + ri \right) = 0$

- 7- $(a) \left(L \frac{di}{dt} + ri \right) = E$ $(b) \left(L \frac{di}{dt} + ri \right) = 0$ $(c) \left(L \frac{di}{dt} + ri \right) = E$ $(d) \left(L \frac{di}{dt} + ri \right) = 0$
- 8- $(a) \left(L \frac{di}{dt} + ri \right) = E$ $(b) \left(L \frac{di}{dt} + ri \right) = 0$ $(c) \left(L \frac{di}{dt} + ri \right) = E$ $(d) \left(L \frac{di}{dt} + ri \right) = 0$



ثابت الزمن τ

لتحديد قيمة الزمن t نرسم المماس للمحنى في المبدأ فيقطع الخط المقارب للمحنى عند نقطة يساويها $t = 7ms$
 حساب ذاتية الوشعة:
 $\tau = L/R \rightarrow L = R \cdot \tau, R = r + r$
 $L = 7 \cdot 10^{-3} (30 + 100) = 0.91H$
 رسم شكل المنحنى عند استبدال الوشعة L
 نية ذاتيتها $L' = 0.45H = L/2$
 استنتاج: في هذه الحالة يكون $r = \tau/2$ في الدارة أسرع بمرتين.



حل
 عدد الأطوار 2: المور 1: $t \in [0, 0.8ms]$ يدعى نظام انتقالي فيه تزايد شدة التيار خلال الزمن والوشعة هي التي تؤدي إلى هذا التأخير.
 طور 2: $t \in [8ms, \infty)$ شدة التيار تبلغ قيمة ثابتة لا تتغير مشكلة النظام المقارب أو نظاما دائما والوشعة تتصرف كدائرة أومي عندئذ.
 في اللحظة $t = 0$ فإن $i = 0$ لحظة غلق القاطعة لا يوجد التيار وعندما يتم بلوغ النظام $i = 200mA$ شدة التيار

تطبيق قانون جمع التوتورات : $E = U_R + U_{MB} = Ri + ri + L \frac{di}{dt}$

في اللحظة $t = 10ms$ فإن i يكون ثابتا ومنه $\frac{di}{dt} = 0$

$E = (R + r)i \rightarrow i = \frac{E}{R + r} = \frac{12}{50 + 10} = 0.2A$

التوتر بين قطبي الوشعة $U_{MB} = ri = 10 \times 0.2 = 2V$

1: نرسم المماس للمحنى عند المبدأ فيقطع محور الزمن عند $t = \tau$ فنجد $\tau = 5ms$
 2: طريقة توظيف التوتر عند $t = \tau$
 $t = \tau \rightarrow U = 0.63E = 0.63 \times 6 = 3.78V$
 ومنه: $\tau = 5ms$

2. شارة $\tau = \frac{L}{R+r}$

التحليل البعدي لدينا : $U = L \frac{di}{dt}$ ، ومنه $R + r = \frac{U}{L}$ ، $[L] = \frac{[V][S]}{[A]}$ ، $[R] = \frac{[V]}{[A]}$ ، ومنه r يقدر بالثانية .

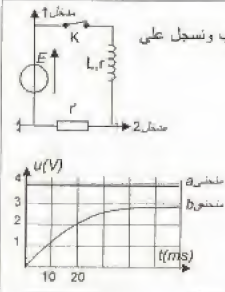
3. استنتاج قيمة L لدينا $L = \tau(R + r) = 5 \cdot 10^{-3} (50 + 15) = 0.38H$

تمرين 5

تحقق التركيب التالية $r' = 100\Omega, R = r + r'$
 في اللحظة $t = 0$ نغلق القاطعة K فتتطلى استجابة الحاسوب ونسجل على المنحنيين 1، 2 تغيرات التوترات الموافقة بدلالة الزمن.

- حدد التوترين الموافقين للمحنيين a, b.
- ما قيمة التوتر E المقدم من طرف المولد ؟
- ما قيمة شدة التيار في النظام الدائم ؟
- استنتج قيمة r .
- حدد بيانيا ثابت الزمن τ لنظامي التوليد RL.
- احسب ذاتية الوشعة L .
- استبدل الوشعة السابقة بوشعة أخرى ذاتيتها $L' = 0.45H$ وبقي قيمة المقاومة الكلية للدارة ثابتة .

أرسم شكل المنحنى الممثل لتغيرات التوتر المشاهد على المنحل 2 بدلالة الزمن. الاستنتاج.



الحل:
 1. على المنحل 1 يسجل الحاسوب التوتر بين قطبي المولد هذا المنحنى يوافق تدرج التوتر الراجع لنقل الدارة وهذا يوافق المنحنى a.

على المنحل 2 يسجل الحاسوب الاستجابة للتوتر بين قطبي الناقل الأومي هذا المنحنى يوافق مرور تيار في الدارة ويوافق المنحنى b

2. قيمة E : من المنحنى a فإن : $E = 3.9V$

3. عندما يتم بلوغ النظام الدائم تصبح شدة التيار ثابتة ويكون التوتر بين طرفي الناقل الأومي $3V$ المنحنى b ومنه $r' = 3V$ ومنه : $i = 3/r' = 3/100 = 0.03A$

4. استنتاج قيمة r : في كل لحظة يكون التوتر بين قطبي المولد : $E = U_r + U_{r'} + ri$

وفي النظام الدائم يكون : $di/dt = 0$ ومنه : $E = ri + r'i$

ومنه $r = \frac{E - r'i}{i} = \frac{3.9 - 3}{0.03} = 30\Omega$

4. استنتاج المعادلة التفاضلية: $E = Ri + L \frac{di}{dt} = L \frac{di}{dt} + i(R+r)$

معادلة تفاضلية من الدرجة الأولى خطية بطرق ثان

5. إثبات أن: $i = \frac{E}{R+r} (1 - e^{-\frac{R+r}{L}t})$ حل للمعادلة التفاضلية

بإستفاد i بالنسبة للزمن فإن:

$\frac{di}{dt} = \frac{E}{R+r} \cdot \frac{1}{\tau} e^{-\frac{t}{\tau}} = \frac{E}{R+r} + \frac{R+r}{L} e^{-\frac{t}{\tau}} \rightarrow \frac{di}{dt} = \frac{E}{L} e^{-\frac{t}{\tau}}$

وبالتعويض في المعادلة التفاضلية

$\frac{L}{R+r} \frac{E}{L} e^{-\frac{t}{\tau}} + \frac{E}{R+r} (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) = \frac{E}{R+r} (e^{-\frac{t}{\tau}} + 1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) = \frac{E}{R+r}$

والمعادلة التفاضلية محققة

6. تحديد قيمة τ وعبارة شدة التيار: $\tau = \frac{L}{R+r} = \frac{0.1}{50+10} \rightarrow \tau = 1.7 \times 10^{-3} \text{ s}$

$i = \frac{12}{60} (1 - e^{-500t}) = 0.2 (1 - e^{-500t})$

تمرين 7

A. أعط علاقة ثابت الزمن τ لشكائي القطب (R, L) ، تأكد من وحدة قياسه بالتحليل البعدي .

B. لدراسة انقطاع التيار في الدارة نستعمل الشكل المقابل

1 - نغلق القاطعة K : هل التيار يجتاز الصمام الثاني ؟

b - احسب قيمة شدة التيار i_0 .

2 - نفتح القاطعة عند اللحظة $t=0$:

a - هل يجتاز التيار الكهربائي الصمام الثاني ؟

b - احسب قيمة شدة التيار عند اللحظة $t=\tau$.

c - اعط علاقة τ بدلالة L, R, r و احسب قيمته .

d - ارسم الشكل العام للتيان $i = f(t)$ مع إيراد قيمة τ على محور الزمن ، المعطيات

$E = 12\text{V}$ ، $r = 30\Omega$ ، $R = 100\Omega$ ، $L = 0.5\text{H}$.

الحل :

A. علاقة ثابت الزمن : $\tau = \frac{L}{R}$.

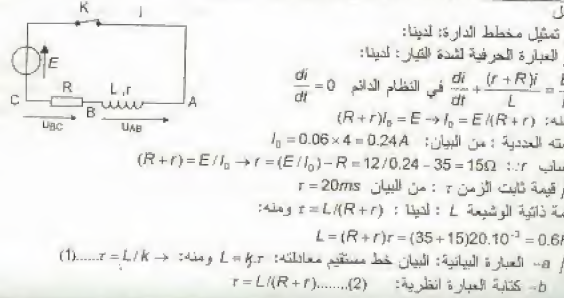
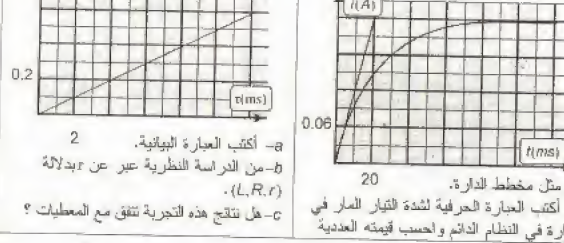
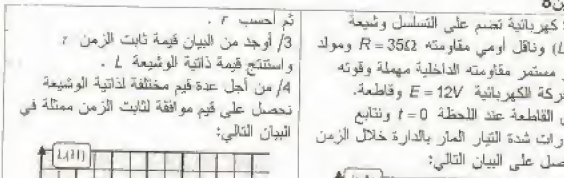
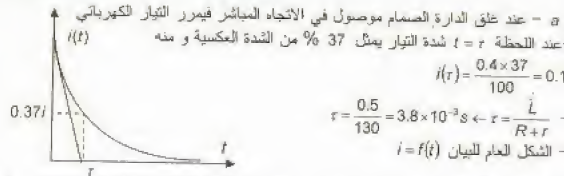
التحليل البعدي لدينا : $U = L \frac{di}{dt}$ ، $R = \frac{U}{I}$ ومنه $[L] = \frac{[V][s]}{[A]}$ ، $[R] = \frac{[V]}{[A]}$

$[s] = \frac{[V][s]}{[A]} \times \frac{[A]}{[V]} = [s]$ ومنه τ يقدر بالثانية .

B. 1 - الصمام الثاني في الاتجاه العير المباشر يمنع مرور التيار من خلاله

b - حساب i_0 بتطبيق قانون جمع التوتروات : $E = U_{RV} = U_{CD} = L \frac{di}{dt} + ri$

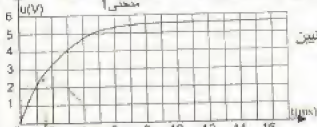
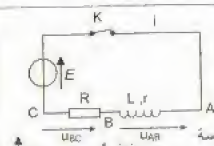
في النظام الدائم فإن $\frac{di}{dt} = 0$ ومنه : $i_0 = \frac{U_{RV}}{r} = \frac{12}{30} = 0.40 \text{ A}$



تمرين 11

تحتوي دائرة على التسلسل مولد ذو توتر مستمر $E = 6V$ وقاطعة K وشيعة ذاتيتها L ومقاومتها $R = 200\Omega$ وناقل أومي مقاومته $r = 10\Omega$

نوصل التركيب بحاسوب يسمح بمشاهدة قيم التيارات U_{AB}, U_{BC}



تركيب الدائرة التالي يوضح توجيه الدارة والتوترات المدروسة U_{AB}, U_{BC} منحنى 1، ومنحنى 2

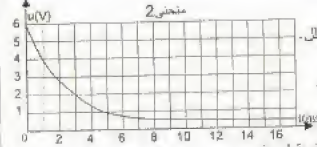
التاليين منحنى 1، ومنحنى 2

1. ماهو الجهاز الذي يمكن استعماله لمشاهدة الظاهرة في غياب الحاسوب ؟

2. أعط عبارة U_{AB} بدلالة i و $\frac{di}{dt}$

3. أعط عبارة U_{BC} بدلالة i

4. أرفق المنحنيين بالتوترين U_{AB} و U_{BC} على.



1. تحديد شدة التيار في النظام الدائم

عبارة i لشدة التيار الذي يمر في الدارة

عند يتم بلوغ النظام الدائم. احسب قيمة i_0

2. استغل أحد البائنين من أجل إيجاد هذه القيمة لـ i_0

III - حساب ذاتية الوشيعة L

1. حدد بالاستعانة بأحد البائنين ثابت الزمن τ للتركيبة، فسر الطريقة المستعملة.

2. ذكر معيار ثابت الزمن τ بدلالة المقادير المميزة للدارة بين أن هذه العبارة متجانسة مع الزمن

3. احسب انطلاقاً من القيمة τ المقاسة ذاتية الوشيعة L

بكالوريا 2005

الحل:

1- دراسة التركيبة :

1. المنحنيين 1 و 2 يبينان أن هذه الظاهرة المدروسة متنها قصيرة جداً (20ms) ففي غياب الحاسوب نستعمل جهاز راسم الاهتزاز المجهطي .

2. عبارة التوتر U_{AB} بين قطبي الوشيعة : $U_{AB} = L \frac{di}{dt} + ri$

3. عبارة التوتر بين قطبي الناقل الأومي : $U_{BC} = Ri$

4. أرفق التوترين U_{AB} و U_{BC} بالمنحنيين : في اللحظة $t = 0$ نغلق الدارة و عندها شدة التيار $i = 0$ بالتالي $U_{BC} = 0$ ثم تنزله شدة التيار بعد ذلك فتبلغ قيمة عظمى عند بلوغ النظام الدائم فالمنحنى الموافق U_{BC} هو المنحنى 1 ، والمنحنى 2 يمثل توتر بين قطبي الوشيعة U_{AB}

($U_{AB} = 6V$) من أجل $t > 15ms$ فإن $i = cte$ ومنه $\frac{di}{dt} = 0$ و $U_{AB} = ri = 0.3V$

11 - تحديد شدة التيار في النظام الدائم :

حساب شدة التيار i_0 بتطبيق قانون جمع التوترات في النظام الدائم : $U_{AC} = U_{AB} + U_{BC}$

$$U_{AC} = \frac{L di}{dt} + ri + Ri = E \Rightarrow E = L \frac{di}{dt} + (R+r)i$$

بلوغ النظام الدائم فإن شدة التيار تصبح ثابتة و تكون $\frac{di}{dt} = 0$ ومنه $E = (R+r)i_0$ ومنه

$$i_0 = \frac{E}{R+r} = \frac{6}{200+10} = 2.86 \times 10^{-2} A$$

1 - تحديد شدة التيار i_0 انطلاقاً من المنحنيين U_{BC} و U_{AB}

من المنحنى 1 : $U_{BC} = f(t)$

في النظام الدائم ($U_{BC} = 5.70V$) وبما أن

$$U_{BC} = Ri_0 \Rightarrow i_0 = \frac{U_{BC}}{R} = \frac{5.70}{200} = 2.85 \times 10^{-2} A$$

من المنحنى 2 : $U_{AB} = f(t)$

في النظام الدائم ($U_{AB} = 0.3V$)

$$(U_{AB})_p = ri_0 \Rightarrow i_0 = \frac{(U_{AB})_p}{r} = \frac{0.3}{10} = 3 \times 10^{-2} A$$

11 - رسم المماس في المبدأ

من المنحنى 1: نرسم المماس للمنحنى 1 عند

بداً فيقطع الخط المقارب (U_{BC}) عند

$$\tau = 2.2ms$$

طريقة توظيف التوتر عند $t = \tau$ من المنحنى 1: $U_{BC} = (U_{BC})_p (1 - e^{-t/\tau})$

$$t = \tau \Rightarrow U_{BC} = 0.63(U_{BC})_p = 0.63 \times 5.70 = 3.6V$$

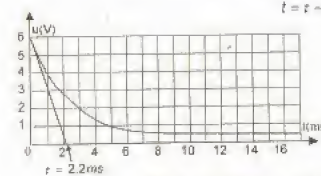
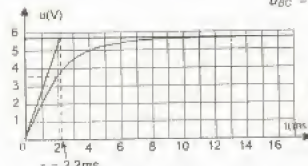
أي توافقاً $t = \tau = 2.2ms$

من المنحنى 2 : $U_{AB} = f(t) = Ee^{-t/\tau}$

$$t = \tau \Rightarrow U_{AB} = 0.37E \Rightarrow U_{AB} = 2.2V$$

التي تقابله $t = \tau = 2.2ms$

$$\tau = \frac{L}{R+r}$$



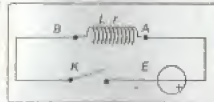
$$[R_r] = [U][I]^{-1} \text{ و } [L] = [U][I][T] \text{ و } [r] = [L][R+r]^{-1}$$

$$[r] = \frac{[U][I^{-1}][T]}{[U][I]} = [T] \rightarrow [r] = [T]$$

$$\tau = \frac{L}{R+r} \Rightarrow L = (R+r)\tau$$

$$\tau = \frac{L}{R+r} \rightarrow L = (R+r)\tau = (200+10)2.2 \times 10^{-3} = 0.46H$$

من معرفة سلوك ومميزات وشعبة مقاومتها (r) وذاتيها (L)، تربط على السلسل بمولد



توتر كهربائي ثابت $E = 4.5V$ وقاطعة K (الشكل 1)

انقل مخطط الدارة على ورقة الإجابة وبين عليه جهة

ور التيار الكهربائي وجهتي سهمي التوتر بين

في الشعبة وبين طرفي المولد.

في اللحظة $t = 0$ تغلق القاطعة K .

متطبيق قانون جمع التوترات، أوجد المعادلة التفاضلية التي تعطي الشدة اللحظية $i(t)$ للتيار

كهربائي المار في الدارة.

بين أن المعادلة التفاضلية السابقة تقبل حلا من الشكل $i(t) = I_0(1 - e^{-t/\tau})$ حيث I_0 هي

دالة المعطى للتيار الكهربائي المار في الدارة.

تعطى الشدة اللحظية للتيار الكهربائي بالعلاقة: $i(t) = 0.45(1 - e^{-10t})$ حيث t بالثانية و

τ بالأمير . أحسب قيم المقادير الكهربائية التالية:

الشدة العظمى I_0 للتيار الكهربائي المار في الدارة،

المقاومة (r) للشعبة.

الذاتية (L) للشعبة.

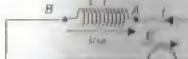
ثابت الزمن (τ) المميز للدارة.

أ / ما قيمة الطاقة المخزنة في الشعبة في حالة النظام الدائم ؟

ب / اكتب عبارة التوتر الكهربائي اللحظي بين طرفي الشعبة.

ج / احسب قيمة التوتر الكهربائي بين طرفي الشعبة في اللحظة ($t = 0.3s$)

بكالوريا رياضيات 2008



من جهة التيار وسهمي التوتر:

أ / المعادلة التفاضلية: نبدأ: $U_{AB} = L \frac{di}{dt} + ri = E$

ب / إثبات أن المعادلة $i(t) = I_0(1 - e^{-t/\tau})$ حل للمعادلة التفاضلية:

منه المعادلة التفاضلية السابقة تقبل العبارة $i(t) = I_0(1 - e^{-t/\tau})$ كحل لها

أ / الشدة العظمى للتيار: في النظام الدائم $di/dt = 0$ ومنه $I_0 = E/r = 0.45A$

ب / حساب مقاومة الشعبة: لدينا: $r = E/I_0 = 4.5/0.45 = 10\Omega$

ج / حساب الذاتية (L) للشعبة: لدينا: $\tau = L/r \rightarrow L = \tau r = 1s$

حساب ثابت الزمن (τ): لدينا: $\tau = L/r = 1/10 = 0.1s$

أ / قيمة الطاقة المخزنة: لدينا: $E = (1/2)LI_0^2 = 0.6 \times 1 \times (0.45)^2 = 0.101 Joules$

ب / عبارة التوتر الكهربائي اللحظي: $U_{AB} = L \frac{di}{dt} + ri = I_0 r (1 - e^{-t/\tau}) + I_0(1 - e^{-t/\tau}) = 4.5e^{-10t}$

ج / قيمة التوتر الكهربائي في اللحظة ($t = 0.3s$): $U_{AB} = 4.5e^{-10 \times 0.3} = 4.5e^{-3} = 0.224V$

نظور الجمل اميكانيكية

- 1 - التذكير بالقانونين الأول والثالث
- 2 - شعاع السرعة و التسارع
- 3 - القانون الثاني لنيوتن

القوانين الثلاثة لنيوتن

لمايرين

- 1 - القوانين الثلاث لمكبيل
- 2 - الحركة الدائرية المنتظمة
- 3 - الحركة على المدارات و قوة التجاذب
- 4 - الأقمار الأرضية الاصطناعية

حركة الكواكب والأقمار

الاصطناعية

القوانين الثلاثة لمكبيل Kepler

لمايرين

- 1 - السقوط الشاقولي لجسم في الهواء
- 2 - السقوط الحر الشاقولي لجسم

السقوط الشاقولي

للجسم في الهواء

لمايرين

- 1 - حركة قذيفة
- 2 - حركة مركز عطانة جسم

تطبيقات حول اميكانيك

لمايرين

- 1 - الأفعال التجاذبية والكهربائية
- 2 - حدود ميكانيك نيوتن
- 3 - تكميم طاقة الذرة (تكميم تبادلات الطاقة)
- 4 - تكميم تبادلات الطاقة
- 5 - تكميم مستويات الطاقة

الإفتاح على العاطين

الكمي والنسبي

لمايرين

القوانين الثلاثة لنيوتن

1.1. التذكير بالقانونين الأول والثالث:

القانون الأول لنيوتن: (مبدأ العطالة)

في معلم غاليلي، إذا كان المجموع الشعاعي للقوى الخارجية المطبقة على الجسم معدوماً

$$\sum \vec{F}_{ext} = 0$$

فإن سرعة مركز عطالته \vec{v}_G لا يتغير والعكس صحيح.

إذا كان الجسم ساكناً يبقى ساكناً $\vec{v}_G = 0$ وإذا كان متحركاً فمركز عطالته يتحرك بحركة

منتظمة منتظمة $\vec{v}_G = Cte$.

تطبيق

متحرك كتلته $m = 70kg$ يجز على خط مستقيم يميل على الأفقي بزاوية $\alpha = 30^\circ$ بسرعة

ثابتة $10km/h$ بواسطة حبل يصنع زاوية $\beta = 40^\circ$ مع

المستوي المائل، قوى الاحتكاك f والمعاكسة لاتجاه الحركة قيمتها

$140N$ باهمال قوى الاحتكاك مع الهواء وباخذ $g = 10ms^{-2}$.

1 - احسب شدة التوتر T الذي يؤثر به الحبل على المتحرك.

2 - احسب شدة قوة رد فعل المستوي المائل \vec{R}_N على المتحرك.

الحل

القوى التي تؤثر على المتحرك هي:

— قوة الثقل \vec{P}

— قوة الاحتكاك \vec{f}

— قوة رد فعل الأرض \vec{R}_N

بتطبيق مبدأ العطالة: $\sum \vec{F}_{ext} = 0$

$\vec{P} + \vec{T} + \vec{f} + \vec{R}_N = 0$ بالانقراط على المعلم (O, \vec{i}, \vec{j}) نحصل على:

$$\vec{P} \begin{cases} P_x = -mg \sin \alpha \\ P_y = -mg \cos \alpha \end{cases} \quad \vec{T} \begin{cases} T_x = T \sin \beta \\ T_y = T \cos \beta \end{cases} \quad \vec{f} \begin{cases} f_x = -f \\ f_y = 0 \end{cases} \quad \vec{R}_N \begin{cases} R_{Nx} = 0 \\ R_{Ny} = R_N \end{cases}$$

ومنه: $\begin{cases} -mg \sin \alpha + T \cos \beta - f + 0 = 0 \dots (1) \\ -mg \cos \alpha + T \sin \beta - 0 + R_N = 0 \dots (2) \end{cases}$

$$T = \frac{mg \sin \alpha + f}{\cos \beta} = \frac{70 \times 10 \times \sin 30^\circ + 140}{\cos 40^\circ} = 609N$$

2 - من العلاقة (2) فإن:

$$R_N = mg \cos \alpha - T \sin \beta = 70 \times 10 \cos 30^\circ - 609 \sin 40^\circ = 279N$$

2.1 القانون الثالث لنيوتن (مبدأ الأفعال المتبادلة):

إذا أثر جسم A على جسم B بقوة $\vec{F}_{A/B}$ وسواء كان الجسمين في حالة

سكون أو حركة فإن للقوتين:

— نفس الحامل

— لهما نفس القيمة $|\vec{F}_{A/B}| = |\vec{F}_{B/A}|$

— متعاكستان في الاتجاه $\vec{F}_{A/B} = -\vec{F}_{B/A}$ هاتان القوتان تؤثران عن بعد أو بتلامس الجسمين.

2. شعاعا السرعة والتسارع

1.2 شعاع السرعة

عندما يكون المجموع الشعاعي للقوى الخارجية المطبقة على الجسم غير معدوم $(\sum \vec{F}_{ext} \neq 0)$

فإن شعاع سرعة مركز عطالة الجسم يتغير أي $\Delta \vec{v}_G \neq 0$

التحديد التجريبي لشعاع السرعة اللحظية:

لحساب وتمثيل شعاع سرعة مركز عطالة متحرك في نقطة G_1 انطلاقاً من تسجيل لحركة مركز

عطالة الجسم خلال فواصل زمنية صغيرة ومتساوية ومتتالية كل منها τ تسجل الخطوات التالية:

— (رسم المستقيم (الوتر) G_1G_2 من أجل الحصول على منحى شعاع

السرعة المماسي للمسار في النقطة G_1 ;

— لقيس المسافة المقطوعة G_1G_2 اخذين بعين الاعتبار سلم الرسم

— نكتب عبارة شعاع السرعة اللحظية التقريبية في الموضع G_1

$$\vec{v} = \frac{\Delta \vec{OG}_2}{\Delta t} = \frac{\vec{OG}_2 - \vec{OG}_1}{t_2 - t_1} = \frac{\vec{G_1G_2}}{t_2 - t_1} \quad \text{وبالعلاقة:} \quad \vec{v} = \frac{\Delta \vec{OG}_2}{2\tau} \quad \text{ومنه:} \quad \vec{v} = \frac{\vec{G_1G_2}}{t_2 - t_1}$$

— لرسم شعاع السرعة في الموضع G_1 في جهة الحركة موازياً

للوتر G_1G_2 .

شعاع السرعة اللحظية: إذا كان Δt صغير جداً ($\Delta t \rightarrow 0$)

فإنه يمر عن شعاع السرعة اللحظية لمركز عطالة جسم رياضي

بمشتق شعاع الموضع بالنسبة للزمن بالعلاقة:

$$\vec{v}_G = \frac{d\vec{OG}}{dt}$$

يكون شعاع السرعة اللحظية مماسياً للمسار في كل لحظة.

— الإحداثيات الكارتيزية لشعاع السرعة:

لتحديد إحداثيات شعاع السرعة اللحظية لمركز عطالة الجسم المنحرف في المعلم $(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$

الذي شعاع موضعه في كل لحظة: $\vec{OG}(t) = x(t)\vec{i} + y(t)\vec{j} + z(t)\vec{k}$ حيث: $x(t)$, $y(t)$, $z(t)$

إحداثيات المتحرك في اللحظة t فنشتق شعاع الموضع بالنسبة للزمن فنجد:

$$v_x(t) = dx(t)/dt = \dot{x}(t)$$

$$v_y(t) = dy(t)/dt = \dot{y}(t) \quad \text{أي أن:} \quad \vec{v}_G(t) = \frac{d\vec{OG}}{dt} = \frac{dx(t)}{dt}\vec{i} + \frac{dy(t)}{dt}\vec{j} + \frac{dz(t)}{dt}\vec{k}$$

$$v_z(t) = dz(t)/dt = \dot{z}(t)$$

$$v_z(t) = dz(t)/dt = \dot{z}(t)$$

$$v_z(t) = dz(t)/dt = \dot{z}(t)$$

$$v_z(t) = dz(t)/dt = \dot{z}(t)$$

$$v_z(t) = dz(t)/dt = \dot{z}(t)$$

$$v_z(t) = dz(t)/dt = \dot{z}(t)$$

$$v_z(t) = dz(t)/dt = \dot{z}(t)$$

$$v_z(t) = dz(t)/dt = \dot{z}(t)$$

$$v_z(t) = dz(t)/dt = \dot{z}(t)$$

$$v_z(t) = dz(t)/dt = \dot{z}(t)$$

الحل

1 - التسارع اللحظي في اللحظة $t_3 = 3\tau$ يساوي السرعة المتوسطة بين اللحظتين t_2, t_4 وبالمثل

$$a_3 = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_4 - v_2}{2\tau} = \frac{(0.775 - 0.4)}{0.04} = 9.375 \text{ ms}^{-2}$$

$$a_5 = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_6 - v_4}{2\tau} = \frac{(1.175 - 0.775)}{0.04} = 10 \text{ ms}^{-2}$$

2 - 3 - منحنى وجهة \vec{a}_G

من أجل تبيان منحنى وجهة الشعاع \vec{a}_G كثيرا ما يجبر عنه بأنه مجموع مركبتين

$$\vec{a}_G(t) = \vec{a}_T(t) + \vec{a}_N(t)$$

$\vec{a}_T(t)$: المركبة المماسية: محمولة على المماس للمسار

في الوضع G لها نفس منحنى $\vec{v}_G(t)$.

$\vec{a}_N(t)$: المركبة الناطمية صودية على المماس في

الوضع G تتجه داخل المسار المنحني

وتعتمد عندما يكون المسار مستقيما.

- الحركة المتسارعة والحركة المتباطئة.

تكون الحركة متسارعة إذا كان $\vec{a}_T \times \vec{v}_G > 0$

(قيمة $\vec{v}_G(t)$ تزداد) و \vec{v}_G و \vec{a}_T لهما نفس الاتجاه

تكون الحركة متباطئة إذا كان $\vec{a}_T \times \vec{v}_G < 0$

(قيمة $\vec{v}_G(t)$ تتناقص) و \vec{v}_G و \vec{a}_T لهما اتجاهين متعاكسين

2 - 4 حالة الحركة المستقيمة:

تم الحركة وفق المحور (O, \vec{i}) ويكون $\vec{OG}(t) = x(t)\vec{i}$

شعاع السرعة $\vec{v}_G(t) = \dot{x}(t)\vec{i}$ وشعاع تسارع مركز عطلة: $\vec{a}_G(t) = \ddot{x}(t)\vec{i}$

إذا كان التسارع ثابتا فالحركة مستقيمة متغيرة بانتظام $a_G(t) = C/\text{te}$

إذا كان التسارع معدوما فالحركة مستقيمة منتظمة $a_G(t) = 0$

3 - القانون الثاني لنيوتن:

3 - 1 تأثير الكتلة m و Δt :

بينا في السنة الأولى أن المجموع الشعاعي للقوى الخارجية المؤثرة على الجسم $\sum \vec{F}_{ext}$ لها نفس

منحنى وجهة التغير في شعاع السرعة \vec{a}_G لمركز عطلة الجسم في معلم غاليلي.

وبين التجربة أن $\sum \vec{F}_{ext}$ يتناسب طرديا مع كتلة الجسم m وأيضا مع Δv وعكسيا مع الفاصل

الزمني Δt الذي يؤثر خلاله الشعاع $\sum \vec{F}_{ext}$ ويكون:

$$\vec{a}_G = \frac{d\vec{v}_G}{dt} \quad \sum \vec{F}_{ext} = m \frac{d\vec{v}_G}{dt}$$

3 - 2 نص القانون الثاني لنيوتن:

في مرجع غاليلي فإن المجموع الشعاعي للقوى الخارجية المؤثرة في الجسم $\sum \vec{F}_{ext}$ خلال فاصل

زمني صغيرا جدا يساوي جداء كتلة الجسم في شعاع تسارع مركز عطلة: $\sum \vec{F}_{ext} = m \vec{a}_G$

سرعة اللحظية في اللحظة $t_2 = 2\tau$ تساوي السرعة المتوسطة بين اللحظتين t_1, t_3 .

$$v_2 = \frac{\Delta d}{\Delta t} = \frac{d_3 - d_1}{2\tau} = \frac{(1.8 - 0.2)10^{-2}}{0.04} = 0.4$$

$$v_4 = \frac{\Delta d}{\Delta t} = \frac{d_6 - d_2}{2\tau} = \frac{(4.9 - 1.8)10^{-2}}{0.04} = 0.775$$

$$v_6 = \frac{\Delta d}{\Delta t} = \frac{d_7 - d_5}{2\tau} = \frac{(9.6 - 4.6)10^{-2}}{0.04} = 1.25$$

سار شاقولي لأن الحركة مستقيمة والسرعة اللحظية متزايدة فالحركة متسارعة.

2 - 2 شعاع التسارع

شعاع التسارع اللحظي تجريبيا

شعاع تسارع مركز عطلة جسم متحرك وحساب قيمته في الوضع G_2 انطلاقا من

آلاف قواصل زمنية صغيرة متساوية ومتتالية كل منها τ تتبع الخطوات التالية:

معاي السرعة في الوضعين G_1 و G_2 والتكهن \vec{V}_3 و \vec{V}_4

بند G_2 التغير في شعاع السرعة $\Delta \vec{v} = \vec{v}_3 - \vec{v}_1$

قيمه باستعمال سلم الرسم

إشارة شعاع التسارع اللحظي التقريبي في الوضع G_2 :

$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{\vec{v}_3 - \vec{v}_1}{2\tau}$$

شعاع التسارع محصولا على حامل $\Delta \vec{v}$ وفي جهته.

دوما داخل نقر المسار.

رغ اللحظي: إذا كان Δt صغير جدا ($\Delta t \rightarrow 0$) فإن التسارع اللحظي لمركز عطلة

$$\vec{a}_G(t) = \frac{d\vec{v}_G(t)}{dt} = \frac{d^2 \vec{OG}(t)}{dt^2}$$

ترك يعبر عنه رياضيا بالعلاقة:

مع المتر/الثانية مربع (ms^{-2})

الكاربوتيزية لشعاع التسارع:

$(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$ والذي نحدد فيه شعاع الوضع في كل لحظة بالعلاقة:

$$\vec{OG}(t) = x(t)\vec{i} + y(t)\vec{j} + z(t)\vec{k}$$

فإن $\vec{v}_G(t) = \dot{x}(t)\vec{i} + \dot{y}(t)\vec{j} + \dot{z}(t)\vec{k}$

$$\vec{a}_G(t) = \frac{d\vec{v}_G}{dt} = \frac{d^2 \vec{OG}}{dt^2} = \frac{d^2 x(t)}{dt^2} \vec{i} + \frac{d^2 y(t)}{dt^2} \vec{j} + \frac{d^2 z(t)}{dt^2} \vec{k}$$

$$\frac{d^2 x(t)}{dt^2} = \ddot{x}(t)$$

$$\frac{d^2 y(t)}{dt^2} = \ddot{y}(t)$$

$$\frac{d^2 z(t)}{dt^2} = \ddot{z}(t)$$

طولية شعاع التسارع:

2- أ - القوى المؤثرة على الجملة؟



— قوة رد فعل الأرض \vec{P}

b — العلاقة الشعاعية التي نكتبها بتطبيق القانون الثاني لنيوتن: $\vec{P} + \vec{R} = m\vec{a}$

c — تمثيل القوى الخارجية واستنتاج قيمة رد الفعل:

من الشكل : القوى الثلاثة تشكل مثلثاً قائماً ومنه: $R^2 + (ma)^2 = P^2$

ومنه: $R = \sqrt{P^2 - (ma)^2} = \sqrt{(0.65 \times 10)^2 - (0.65 \times 2.55)^2} = 6.2N$

تارين

تمرين 1

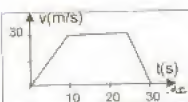
أتأكد من معلوماتي : صحيح أو خطأ.

- 1 — شعاع السرعة مماس للمسار في النقطة المعبرة.
- 2 — أثناء الحركة الدائرية المنتظمة شعاع السرعة ثابت .
- 3 — شعاع التسارع في الحركة المنحنية يمكن أن يكون مماسياً .
- 4 — شعاع التسارع في الحركة المنحنية يتجه نحو تغير المسار .
- 5 — إذا كان شعاع السرعة معدوماً في اللحظة t فإن شعاع التسارع أيضاً معدوم .
- 6 — يطبق القانون الثاني لنيوتن على مركز عطالة جملة في معلم غاليلي وفق العلاقة: $\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a}_G$
- 7 — عندما يكون الجسم الصلب النقطي في معلم غاليلي خاضعاً لمجموعة من القوى حيث $\sum \vec{F}_{ext} = 0$ فهو با التأكيد في حالة سكون .
- 8 — إذا كان الجسم السابق يخضع لتأثير قوى بحيث $\sum \vec{F}_{ext} \neq 0$ فإنه يمر من حالة سكون إلى حالة حركة .

الحل

- 1 — صحيح ، 2 — خطأ (ثابت في الشدة متغير في الاتجاه) ، 3 — خطأ ، 4 — صحيح ، 5 — خطأ ، 6 — صحيح ، 7 — خطأ ، 8 — صحيح

تمرين 2



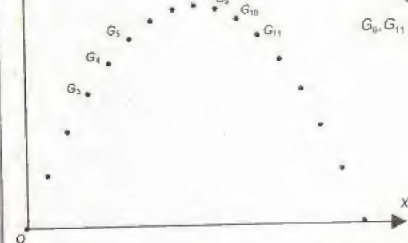
- 1 — صنف كيفيا حركة المتحرك خلال أطوار الحركة
- 2 — حدد من أجل كل طور : أ - قيمة التسارع ب - المسافة المقطوعة

الحل

1. وصف الحركة: يزداد شعاع السرعة في المجال من 0 إلى 10 ثانية فالحركة متسارعة .
وشعاع السرعة ثابت في المجال 10 إلى 25 ثانية فالحركة منتظمة .
يتناقص شعاع السرعة في المجال من 25 إلى 30 ثانية فالحركة متباطئة .
- 2 — أ - تحديد قيمة التسارع من أجل كل طور:
الطور الأول: $a_1 = \Delta v / \Delta t = 30 / 10 = 3ms^{-2}$
الطور الثاني: $a_2 = 0 \leftarrow v = cte$
الطور الثالث: $a_3 = 0 \leftarrow v = cte$

أ - ك جسم كتلته $m = 650g$ بدون احتكاك على طاولة جاذبية تميل على الأفقي بزاوية α .
ب الجسم نحو الأعلى في اللحظة $t = 0$ على مسوي الطاولة من النقطة O وتم الحركة في
سلم (O, \vec{x}, \vec{y}) حيث \vec{Ox} أفقي و \vec{Oy} يوازي خط الميل الأعظم. بواسطة تجهيز مناسب حصلنا
على الأضلاع المتتالية لحركة مركز عطالة الجسم G خلال فترات زمنية متتالية
ساوية: $\tau = 60ms$.

ب - حدد بيانياً قيمة السرعة



ج - في الأضلاع G_0G_1 و G_1G_2 و G_2G_3 مثل أشعة السرعة في
الوقت السابق .
مثل الأشعة:
 $\Delta \vec{v}_0 = \vec{v}_1 - \vec{v}_0$
 $\Delta \vec{v}_{10} = \vec{v}_{11} - \vec{v}_0$
الوضعين G_0, G_{10} .
استنتاج قيمة
تسارع a في
معلم G_0, G_{10} .



أ - ماهي القوى المؤثرة على الجملة؟
ماهي العلاقة الشعاعية التي نكتبها بتطبيق القانون الثاني لنيوتن؟
مثل على الشكل القوى الخارجية المؤثرة على الجسم والشعاع $m\vec{a}$
استنتاج قيمة رد الفعل.

ب - قيمة السرعة \vec{v} في الأضلاع G_3G_4 : في الوضع G_3 نقبس المسافة G_3G_4 مع

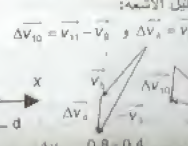
$$v_3 = \frac{G_3G_4}{2\tau} = \frac{(1.8)6 \cdot 10^{-2}}{0.120} = 0.9ms^{-1}$$

$$v_3 = \frac{G_3G_6}{2\tau} = \frac{(1.3)6 \cdot 10^{-2}}{0.120} = 0.65ms^{-1}$$

$$v_3 = \frac{G_3G_{10}}{2\tau} = 0.5$$

$$v_{11} = \frac{G_0G_{12}}{2\tau} = 0.64m$$

مثل أشعة السرعة:
مثل الأشعة:



المسلم: $1cm \rightarrow 0.4ms^{-1}$

d - استنتاج قيمة التسارع a في الوضعين G_0, G_{10}

b - تحديد المسافة المقطوعة من أجل كل طور:

الطور الأول: $d_1 = (30 \times 10) / 2 = 150m$

الطور الثاني: $d_2 = (30 \times 15) = 450m$

الطور الثالث: $d_3 = (30 \times 5) / 2 = 75m$

المسافة الكلية: $d = d_1 + d_2 + d_3 = 150 + 450 + 75 = 675m$

تمرين 4

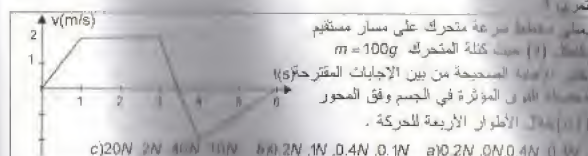
بماني مستقيم سرعة متحرك على مسار مستقيم

المعطى: (1) حيث كتلة المتحرك $m = 100g$

المطلوب: (2) اكتب الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المقترحة (5)

المطلوب: (3) اكتب الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المقترحة (5)

المطلوب: (4) اكتب الإجابة الصحيحة من بين الإجابات المقترحة (5)



c) 20N, 2N, 40N, 10N, 5N, 2N, 1N, 0.4N, 0.1N, 0.2N, 0.1N, 0.4N, 0.1N, 0.2N, 0.1N, 0.4N, 0.1N

الحل:

المعطى: $F = m \cdot a$ ومنه: للجواب الصحيح هو: (8)

تمرين 4

دراسة حركة حامل ذاتي على طاولة مجهزة بجوارر ملساء لا تسبغ أي صياح مركز

حبيبات المتحرك خلال كل 40ms. في البداية المتحرك يدور في اتجاه حيط في نقطة ثابتة.

الذي انفصل عنها بعد ذلك والتسجيل التالي يمثل طرأ بعد انفصال

1 - في أي موضع انفصل الحيط؟

2 - حدد عدد أطوار الحركة وصف الحركة في أي طور

3 - في أي طور تحقق مبدأ العطالة؟ ماذا يمكن استنتاجه مناسبة للقوى

المؤثرة على الحامل الذاتي؟

المعطى: $M_0, M_1, M_2, M_3, M_4, M_5, M_6, M_7, M_8, M_9$

الحل:

1 - الموضع الذي انفصل فيه الحيط

نلاحظ من الشكل أن النقاط من M_6 إلى M_9

تقع على محيط دائرة، ومنه الموضع الذي انفصل

فيه الحيط هو M_6 .

2 - تحديد عدد أطوار الحركة

الطور الأول: من $t = 0$ إلى $t = 6r$

$v_1 = v_2 = 18 \times 5.10^{-2} = 0.75ms^{-1}$

$v_3 = v_4 = 2 \times 60 \times 10^{-3} = 0.12m$

$v_5 = v_6 = 0.9 = 7.5ms^{-2}$

و $v_7 = v_8 = 0.12$

شعاع السرعة ثابت في البداية ومنه في التوقيتات $t = 6r$ إلى $t = 18r$ الشعاع متغير

الطور الثاني: $t = 6r$ إلى $t = 18r$ الشعاع متغير

$v_9 = v_{10} = 18 \times 5.10^{-2} = 0.75ms^{-1}$

3 - يتحقق مبدأ العطالة في الطور الثاني لأن $\sum F = 0 \leftarrow a = 0 \leftarrow v = cte$

القوى المؤثرة على الحامل الذاتي هي قوى محصلتها جاذبية مركزية شدتها $F = m \cdot g$

في حالة الحركة الدائرية المنتظمة ومعدومة في حالة الحركة المستقيمة المنتظمة.

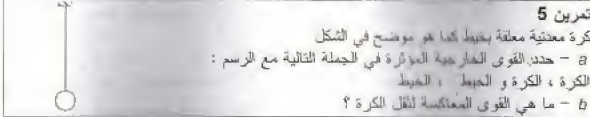
تمرين 5

كرة معدنية معلقة بخيط كما هو موضح في الشكل

a - حدد: القوى الخارجية المؤثرة في الجملة التالية مع الرسم:

الكرة، الكرة والخيط، الخيط

b - ما هي القوى المعاكسة لثقل الكرة؟



جملة الكرة	جملة الخيط	جملة كرة - خيط
تؤثر على الكرة:	تؤثر على الخيط:	تؤثر على الخيط:
القوتان:	قوتان:	قوتان:
\vec{T} قوة الشد	\vec{T}_1 قوة الشد	\vec{T}_1 قوة الشد
في الخيط	في نقطة التعليق	في نقطة التعليق
\vec{P} قوة الثقل	\vec{T}_2 قوة الشد في	\vec{P} قوة الشد في
	نقطة تثبيت الخيط	نقطة تثبيت الخيط

b - القوى المعاكسة لثقل الكرة هي:

جملة الكرة: $\vec{T} = -\vec{P}$ جملة الخيط: $\vec{T}_1 = -\vec{P}$ جملة كرة - خيط: $\vec{T}_1 = -\vec{P}$

تمرين 6:

تتحرك سيارة حركة مستقيمة بسرعة ثابتة $v = 25ms^{-1}$ ويكب السائق العيار

فتتوقف بعد مدة زمنية $\Delta t = 10s$ تكتسب السيارة تسارعا ثابتا خلال مدة التوقف

a - مثل القوى الخارجية المؤثرة في مركب عطالة السيارة خلال مدة التوقف

b - احسب القيمة الجبرية للشعاع التسارع وفق المحور (O, \vec{i}) الموجب في جهة الحركة

c - احسب شدة قوة الكبك إذا كانت كتلة السيارة $m = 1200kg$

الحل:

a - القوى الخارجية المؤثرة في مركز عطالة السيارة

b - $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v - v_0}{\Delta t} = \frac{-25}{10} = -2.5ms^{-2}$

c - بتطبيق القانون الثاني لنيوتن $m\vec{a} = \vec{T} + \vec{P} + \vec{R}$

بالإسقاط على (O, \vec{i}) $t = m \cdot a \rightarrow f = -ma = -1200(-2.5) = 3000N$

تمرين 7:

اجب بصحيح أو خطأ:

a - أحد الشكلين بواق حالة ممكنة

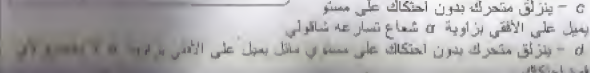
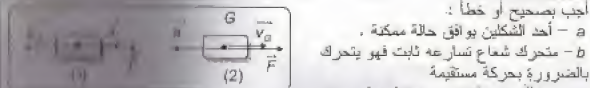
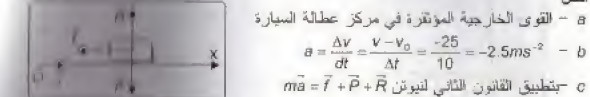
b - متحرك شعاع تسارعه ثابت فهو يتحرك

بالضرب بحركة مستقيمة

c - ينزلق متحرك بدون احتكاك على مسنو

يميل على الأفقي بزاوية α شعاع تسارعه شاقولي

d - ينزلق متحرك بدون احتكاك على مسنوي مثل يعمل على الأفقي بزاوية α



$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \text{ : القيمة الجبرية للتسارع : } a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

- الطور الأول : $0 \leq t \leq 20s$ يقبل التسارع a_1 معامل التوجيه للمستقيم

$$a_1 = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{20}{20} = 1 \text{ ms}^{-2} \text{ الحركة متسارعة}$$

الطور الثاني : $205 \leq t \leq 405$ السرعة ثابتة $v = 20 \text{ ms}^{-1}$ والتسارع $a_2 = 0$

الطور الثالث : $405 \leq t \leq 505$ و $a_3 = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{-20}{10} = -2 \text{ ms}^{-2}$ والحركة متباطئة

الطور الرابع : $505 \leq t \leq 605$ و $v = 0$ والجسم ساكن $a_4 = 0$

$$b \text{ - حساب المساحة : } S = \frac{(20+50)}{2} \cdot 20 = 700 \text{ m}$$

هذه المساحة تمثل المسافة المقطوعة بين $t = 0$ و $t = 50s$

تمرين 10 :

يثبت جسم كتلته $m = 650 \text{ g}$ بواسطة خيط مهمل الكتلة يمكنه الدوران حول محور شاقولي ، تتم الحركة بدون احتكاك وسرعته ثابتة على مستوى أفقي ، نصف قطر مساره الدائري $R_0 = 20 \text{ cm}$ لمركز عطالة الجسم خلال الفواصل الزمنية المتساوية والمتتالية $z = 60 \text{ ms}$ نقابل المسافة التي يقطعها الجسم بين وضع متتالية زاوية $\theta = 20^\circ$

1 - مثل شعاعي السرعة في النقطتين G_3 ، G_5 ،

2 - $\Delta \vec{v} = \vec{v}_5 - \vec{v}_3$ عند النقطة G_4

3 - استنتج قيمة شعاع التسارع \vec{a} في النقطة G_4

4 - ما قيمة القوة المطبقة من طرف الخيط على الجسم ؟

5 - ينقطع الخيط في لحظة ما ، ما طبيعة حركة مركز عطالة الجسم ؟

الحل

1 - تمثيل وحساب قيمة شعاع السرعة

- تقطع النقطة G مسافة $d = R\theta$ حيث $\theta = 20^\circ = 0.35 \text{ rad}$

خلال زمن τ وقيمة السرعة هي :

$$v = \frac{R\theta}{\tau} = \frac{0.20 \times 0.35}{60 \times 10^{-3}} = 1.17 \text{ ms}^{-1}$$

2 - تمثيل الشعاع $\Delta \vec{v}$: لدينا : $\Delta \vec{v} = \vec{v}_5 - \vec{v}_3$

3 - قيمة \vec{a} عند G_4 :

$$a_4 = \frac{\Delta v_4}{2\tau} = \frac{0.9}{2.60 \times 10^{-3}} = 7.5 \text{ ms}^{-2}$$

4 - القوى المطبقة على الجسم هي : قوة القل \vec{P} ، رد الفعل \vec{R} ، و قوة التوتر \vec{T}

$$\vec{P} + \vec{R} + \vec{T} = m\vec{a} \text{ بالانقاس}$$

$$T = ma = 0.650 \times 7.5 = 4.7 \text{ N}$$

تقوم بتسوير سقوط قطرة ماء وفق الشاقول z الفاصل الزمني بين صورتين متتاليتين هو 20 ms المسافة التي تقطعها القطرة من بداية سقوطها مسجلة في الجدول التالي :

$t(\text{ms})$	0	τ	2τ	3τ	4τ	5τ	6τ	7τ	8τ
$d(\text{cm})$	0	0.2	0.8	1.8	3.1	4.9	7.1	9.6	12.5

1 / احسب سرعة القطرة في كل لحظة.

2 / أرسم بيان تغيرات السرعة v بدلالة الزمن t : $v = f(t)$.

3 / استنتج من البيان تسارع الحركة وطبيعتها.

الحل

$$v_n = \frac{\Delta d}{\Delta t} = \frac{d_{n-1} - d_{n-2}}{t_{n-1} - t_{n-2}} = \frac{d_n - d_{n-1}}{2\tau}$$

$$v_1 = \frac{d_2 - d_0}{2\tau} = \frac{(0.8 - 0)10^{-2}}{2 \times 20 \times 10^{-3}} = 0.2 \text{ ms}^{-1}$$

$$v_2, v_3, \dots, v_8 \text{ ونحسب}$$

تحصيل على جدول التالي :

$t(\text{ms})$	0	τ	2τ	3τ	4τ	5τ	6τ	7τ	8τ
$d(\text{cm})$	0	0.2	0.8	1.8	3.1	4.9	7.1	9.6	12.5
$v(\text{ms}^{-1})$	-	0.2	0.45	0.575	0.775	1.0	1.17	1.35	-

رسم البيان $v = f(t)$:

ان خط مستقيم معادلته : $v = kt$ حيث $k = a$

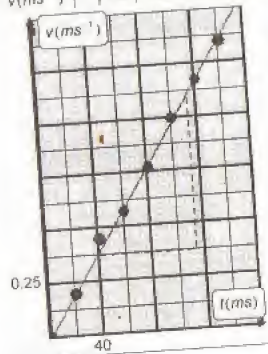
تسارع الحركة وطبيعتها :

البيان في :

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{38 \times 0.25}{1.9 \times 40 \times 10^{-3}} = 10 \text{ ms}^{-2}$$

نتاج كبيعية الحركة :

حركة مستقيمة متغيرة بانتظام متسارعة



9 :

جسم صلب على مسار مستقيم ويمثل

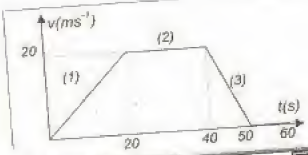
ط التآلي سرعته بدلالة الزمن

عدد من أجل كل طور القيمة الجبرية

على المنع $(a \cdot v)$

سحب المساحة المحصورة بين مخطط

و محور الزمن ماذا تمثل ؟



تطور الجمل الميكانيكية

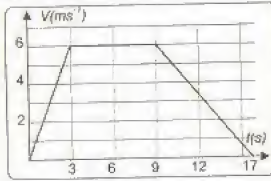
5- عندما يقطع الخيط فإن $\vec{T} = 0$ ومنه يخضع فقط لـ \vec{P} و \vec{R} ويكون $\vec{P} + \vec{R} = \vec{0}$ ومنه $\vec{a} = \vec{0}$ وتصبح حركة مركز عطالة الجسم مستقيمة منتظمة.

تمرين 11

ينطلق مصعد من الطابق الأرض ليتوقف عند الطابق الأخير بعد مدة زمنية $\Delta t = 17s$ كتلة المصعد $m = 800kg$ يمكن تقسيم حركة المستقيمة للمصعد إلى ثلاثة أطوار

- مدة طور الأول $\Delta t_1 = 3.05$ تسارعها \vec{a}_1
- مدة الطور الثاني $\Delta t_2 = 9.05$ تسارعها \vec{a}_2
- مدة الطور الثالث $\Delta t_3 = 5.05$ تسارعها \vec{a}_3

يمثل المنحنى الثاني تغيرات شعاع السرعة لمركز عطالة المصعد بدلالة الزمن



- حدد القيم الجبرية لـ \vec{a}_1 ، \vec{a}_2 ، \vec{a}_3 على المحور الشاقولي (Oz) المتجه نحو الأعلى.
- احسب شدة القوة المطبقة من طرف حبل الجر خلال كل مرحلة من مراحل الحركة.

الحل
1. قيم التسارع

الحركة مستقيمة متسارعة $a_1 = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{6}{3} = 2ms^{-2}$

الحركة مستقيمة منتظمة لأن $v = 6ms$ ثابتة و $a_2 = \frac{\Delta v}{\Delta t} = 0$

الحركة مستقيمة متباطئة $a_3 = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{0-6}{17-9} = -0.75ms^{-2}$

2- القوة التي يؤثر بها حبل الجر على مقصورة المصعد

بتطبيق القانون الثاني لنيوتن $\vec{P} + \vec{T} = m\vec{a}$ بالإسقاط على (Oz)

الطور الأول $T - P = ma \rightarrow T = m(g + a)$

الطور الثاني $T_2 = mg = 800 \times 9.8 = 7840N$

الطور الثالث $T_3 = 800(9.8 - 0.75) = 7240N$

تمرين 12

سيارة كتلتها $m = 1.3t$ تنتقل على طريق مستقيم وأقصى تكافؤ القوى المقاومة لحركتها قوة ثابتة معاكسة لجهة الحركة قيمتها $f = 500N$

- تنتقل سيارة بسرعة ثابتة $v_0 = 72kmh^{-1}$ ماهي قيمة القوة المحركة؟
- يكبح السائق السيارة التي تسلك سرعة \vec{v}_0 بقوة ثابتة \vec{F}_2 ، إذا كانت قيمة التسارع $a = 2.0ms^{-2}$ مثل على شكل أشعة \vec{v} ، \vec{a} ، \vec{F}_2 ، \vec{F}_1 ما قيمة \vec{F}_2 ؟

الحل

1- إيجاد قيمة القوة المحركة \vec{F}_1 : بتطبيق القانون الثاني لنيوتن

$\vec{P} + \vec{R} = \vec{0}$ ، $v = cte$ لأن $\vec{T} + \vec{F}_1 + \vec{P} + \vec{R} = m\vec{a} = \vec{0}$

ومنه $\vec{T} + \vec{F}_1 = \vec{0}$ أي $F_1 = 500N$

2- تمثيل الأشعة \vec{a} ، \vec{v} ، \vec{F}_2 ، \vec{F}_1

حساب قيمة \vec{F}_2

بتطبيق القانون الثاني لنيوتن : $\vec{F}_2 + \vec{T} + \vec{P} + \vec{R} = m\vec{a}$

ومنه : $(a = 2ms^{-2}) - F_2 - f = ma \rightarrow F_2 = -(f + ma)$

$F_2 = -(500 + 1300 \times 2) = -2100N$

تمرين 13

تسحب عربة متحركة كتلتها $m = 120kg$ على أرض أفقية بواسطة حبل، فتتحرك بحركة مستقيمة. قوى الاحتكاك المطبقة عليها تكافئ قوة ثابتة f تعاكس جهة الحركة قيمتها $f = 300N$ حبل الجر مشدود بقوة أفقية

- ماهي القوى المطبقة على المتحرك مع تمثيلها؟
- احسب قيمة قوة الجر \vec{F} عندما تكون سرعة المتحرك ثابتة.
- ب- تعطي للمتحرك تسارع ثابت قيمته $0.5ms^{-2}$.

3- ماهي معيزات محصلة القوى المطبقة على مركز عطالة المتحرك وعلى الأرضية المتحركة في الحالتين السابقتين؟

الحل

1. القوى المطبقة على العربة :

قوة الثقل \vec{P} شاقولي قيمته نحو الأسفل

قوة الاحتكاك \vec{f} معاكسة للحركة

قوة \vec{R} المطبقة من طرف الأرض على العربة شاقولي لعربة نحو الأعلى

قوة جر الحبل للعربة \vec{F} أفقية في جهة الحركة

2- حساب قيمة \vec{F}

أ- السرعة ثابتة $\vec{a} = 0 \rightarrow \vec{v} = cte$ وحسب القانون الأول لنيوتن

$\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0} \rightarrow \vec{F} + \vec{T} + \vec{P} + \vec{R} = \vec{0}$

بالإسقاط على (Ox) : $F - f = 0 \rightarrow F = f = 500N$

ب- حسب القانون الثاني لنيوتن :

$\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a} \rightarrow \vec{F} + \vec{T} + \vec{P} + \vec{R} = m\vec{a}$

بالإسقاط على Ox : $F - f = ma \rightarrow F = f + ma = 300 + 120 \times 0.5 = 360N$

3- معيزات القوى المؤثرة على العربة والأرض في الحالتين حسب القانون الثالث لنيوتن : القوة التي تؤثر بها العربة على الأرض هي \vec{F}_{Cit} تعاكس القوة التي تؤثر بها العربة \vec{F}_{Tic}

حيث $\vec{F}_{Cit} = \vec{F}_{Tic}$ و $\vec{F}_{Cit} = \vec{F} + \vec{R}$ ومنه :

$\vec{F}_{Tic} = \vec{F} + \vec{R}$

$F_{Tic} = \sqrt{F^2 + R^2} = \sqrt{360^2 + (120 \times 9.8)^2} = 1.21 \times 10^3 N$



وتكون $\vec{F}_{TIC} = -\vec{F}_{CIT}$ في حالة الحركة أو السكون

تمرين 14

إن آلة أتود تسمح بالتحقق المباشر من القانون الثاني لنيوتن، وتستعمل أيضا لقياس تسارع الجاذبية g ، نعلق في نهايتي خيط يمر على محور بكرة جسمان متساويان B, A كتلة كل واحد منهما M . نضع كتلة صغيرة مجنحة m على الجسم A (انظر الشكل). نحرر المجنحة $(A+m)$ من ارتفاع H من حلقة تسمح بمرور الجسم A وتمنع مرور الكتلة المجنحة m فتتسارع الجملية على مسافة H بعدها تتحرك الجملية بسرعة ثابتة يمكن قياسها بحساب مدة السقوط t على المسافة D .

بين أن: $g = \frac{(2M+m)D^2}{2mHt^2}$ حيث t مدة الانتقال بسرعة ثابتة.

الحل

الحركة تحتوي على مرحلتين: المرحلة الأولى حركة متسارعة والمرحلة الثانية حركة منتظمة.

بتطبيق القانون الثاني لنيوتن في مرجع أرضي نعتبره غاليليا،

بنسبة للجملية $(A+m)$ فإن: $(M+m)\vec{g} + \vec{T} = (M+m)\vec{a}$

بالإسقاط على المحور Oz : $(M+m)g - T = (M+m)a$ (1)

بنسبة للجسم B : $M\vec{g} + \vec{T} = M\vec{a}$

بالإسقاط على المحور Oz : $-Mg + T = Ma$ (2)

البكرة والخيط مهملي الكتلة فإن: $T = T'$

بجمع المعادلتين (1) و (2) نجد: $a = \frac{mg}{2M+m}$

بما أن التسارع ثابت فالحركة مسقيمة متسارعة بانتظام

تكون سرعتها v هي: $v^2 - v_0^2 = 2a\Delta z$ حيث $v_0 = 0$ و $\Delta z = H$

ومنه: $v = \sqrt{2aH} = \sqrt{\frac{2mg}{2M+m}H}$

تحتفظ الجملية بهذه السرعة خلال المرحلة الثانية والتي مسافتها D

أي أن: $v = \frac{D}{t} = \sqrt{\frac{2mg}{2M+m}H}$

بنربيع الطرفين نجد:

$g = \frac{(2M+m)D^2}{2mHt^2}$ ومنه: $\frac{D^2}{t^2} = \frac{2mg}{2M+m}$

حركة الكواكب والأقمار الاصطناعية

1. القوانين الثلاثة لكبلر

1 - المعلم الهليومركزي

نظم الهليومركزي : هو معلم $(S, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$ مرتبط بالمرجع هليومركزي مبنوه مركز الشمس ومحاوره الثلاث متجهة نحو ثلاث نجوم E_1, E_2, E_3 تدوروا ثابته خلال فترة زمنية طويلة ودراسة حركة الكواكب في هذا المرجع تكون ميزته الغالبية (العطالية).

2 - القوانين الثلاثة لكبلر :

القانون الأول لكبلر (مسارات الكواكب):

إن مدارات الكواكب في المرجع الهليومركزي قطعوا

سمة بشكل مركز الشمس أحد محاورها.

القانون الثاني لكبلر (قانون المساحات):

المساحات الممسوحة من طرف الشعاع

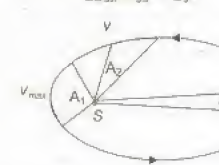
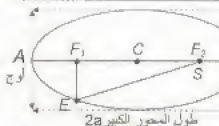
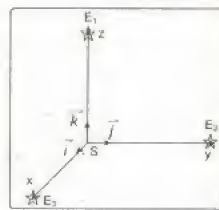
الواصل بين مركز الشمس وبمركز الكواكب

تساوي خلال فواصل زمنية متساوية.

القانون الثالث لكبلر:

تساوي مربع دور الكواكب T طرديا مع مكعب

نصف طول المحور الكبير a للقانون الثالث.



$$K_s = (s^2 m^3) \cdot a^3 (m) \cdot T^2 (s) \quad \frac{T^2}{a^3} = K_s$$

ثابت لا يتعلق بالكواكب المعبر

الكوكب T هو الزمن الذي يفصل بين

دورين متتاليين للكوكب من نفس الموضع

نفسه سواه حول الشمس وفي نفس الاتجاه.

يق: $1UA = 150 \times 10^6 km, 1an = 365j$

سأولى نصف طول المحور الكبير لمدار الأرض $1.00UA$ (وحدة فلكية UA) و دورها

$T_{Terra} = 1.00an$ ودور كوكب المريخ $T_{Mars} = 1.87an$

أحسب بـ UA ثم km قيمة a_{Mars} نصف طول المحور الكبير للمريخ.

$$1UA = 150 \times 10^6 km, 1an = 365j$$

$$a_{Mars}^3 = \frac{a_{Terra}^3 T_{Mars}^2}{T_{Terra}^2} \rightarrow a_{Mars} = \sqrt[3]{\frac{a_{Terra}^3 \cdot T_{Mars}^2}{T_{Terra}^2}} \quad \text{و منه} \quad \frac{T^2}{a^3} = K_s = \frac{T_{Terra}^2}{a_{Terra}^3} = \frac{T_{Mars}^2}{a_{Mars}^3}$$

$$T_{Terra} = 1an, T_{Mars} = \frac{365 + 321}{365} = 1.879an \quad \text{ومنه:} \quad a_{Mars} = a_{Terra} \left(\frac{T_{Terra}}{T_{Mars}} \right)^{2/3}$$

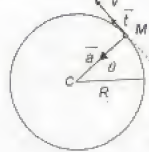
$$a_{Mars} = 1 \cdot (1.879)^{-2/3} = 1.52UA = 228 \times 10^6 km$$



إسحاق نيوتن

الحركة الدائرية المنتظمة

1. تعريف : يتحرك جسم حركة دائرية منتظمة إذا كانت قيمة شعاع سرعته ثابتة بمرور زمن على مسار دائري نصف قطره R سرعته الزاوية $\omega = \frac{d\theta}{dt}$ ثابتة .



علاقة بين السرعة الزاوية والسرعة الخطية $v = R\omega$
 شعاع السرعة محمول على المماس للمسار في M
 الحركة الدائرية T هو الزمن الذي يكمل فيه المتحرك دورة كاملة
 $T = \frac{2\pi R}{v}$ أو $T = \frac{2\pi}{\omega}$
 $T : (s), R : (m), v : m/s$

شعاع التسارع

$$\vec{a} = \frac{dv}{dt} = 0 + v \frac{d\theta}{dt} = v\omega = \frac{v^2}{R}$$

شعاع في الحركة الدائرية المنتظمة يتجه دوما نحو مركز المسار الدائري فهو شعاع مركزي
 $a_n = \frac{v^2}{R}$

تطبيق القانون الثاني لنيوتن

كانت لدينا جملة كتلتها m ومركز عطالتها G تتحرك في دائرة منتظمة في معلم غاليلي فإن محصلة القوى

اجية المؤثرة عليها $\vec{F} = m\vec{a} = m\frac{v^2}{R}\vec{n}$

قوة تتجه نحو مركز المسار الدائري فهي قوة مركزية.

حركة على المدارات و قوة التجاذب :

قانون الجذب العام

بين A و B يؤثران على بعضهما البعض

$$\vec{F}_{A/B} = -\vec{F}_{B/A} = -G \frac{M_A M_B}{r^2} \vec{n}$$

$$\vec{F}_{A/B} = G \frac{m_A m_B}{r^2} \vec{n} \quad \text{و} \quad G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$$

لجذب العام $m_A, m_B (kg)$ كتلتا الجسمين

وزن كتلي ذو تناظر كروي و $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$

مدار الدائري للكوكب : تعتبر كوكبا p كتلته m يدور

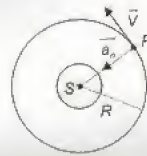
ار دائري حول الشمس التي كتلتها m_s في المعلم الهيليومركزي

$$\vec{F}_{s/p} = \frac{m_s m}{R^2} \vec{n}$$

غاليليا ومنه : R البعد بين مركز

ومركز الكوكب.

القانون الثاني لنيوتن على مركز الكوكب p فإن :



$$v^2 = G \frac{m_s}{R} \quad \text{ومنه :} \quad G \frac{m_s m}{R^2} \vec{n} = m \vec{a} \rightarrow G \frac{m_s}{R^2} \vec{n} = \frac{v^2}{R} \vec{n} \quad \text{ومنه :} \quad \vec{F}_{s/p} = m \vec{a}$$

و هي سرعة مركز عطالة الكوكب p على المسار الدائري في المعلم الهيليومركزي

$$T = \frac{2\pi R}{v} \rightarrow T^2 = \frac{4\pi^2 R^3}{v^2} \quad v^2 = G \frac{m_s}{R} \rightarrow T^2 = \frac{4\pi^2 R^3}{G m_s} \rightarrow \frac{T^2}{R^3} = \frac{4\pi^2}{G m_s}$$

$$\frac{T^2}{R^3} = \frac{4\pi^2}{G m_s} \quad \text{ومنه القانون الثالث لكبلر :}$$

3.4 المدار قطع ناقص

إذا كان مسار الكوكب p قطعاً ناقصاً قانون كبلر له نفس الجارة كما في الحركة الدائرية المنتظمة

$$\frac{T^2}{a^3} = \frac{4\pi^2}{G m_s} \quad \text{باعتدال نصف قطر الدائرة R بنصف طول المحور الكبير a للقطع الناقص ومنه :}$$

4.4 اقمار كوكب :

— يبقى قانون كبلر صالحاً في حالة قمر يدور في مسار دائري أو في مسار ذو شكل قطع ناقص باستبدال m_s في القانون بكتلة الكواكب في مرجع يتحرك بحركة اسنادية بالنسبة

للمرجع الجيومركزي .

— بالنسبة لكوكب الأرض تتم الدراسة في المعلم الجيو مركزي الذي نعتبره غاليليا و المعلم

المرفق به متبادلاً مركز الأرض و محاوره موازية لمحاور المعلم الهيليومركزي .

دور الأرض 24 ساعة .

5- الأقمار الأرضية الاصطناعية :

5-1 وضع قمر اصطناعي في مداره :

— يتطلب وضع قمر اصطناعي في مداره :

نقل القمر الاصطناعي إلى ارتفاع يهمل فيه تأثير احتكاك الغلاف الجوي (أعلى من 200km) حيث

يخضع القمر الاصطناعي لقوة جذب الأرض فقط ويسقط القمر حينئذ

سقوطاً حراً في المعلم الجيو مركزي .

— تروبوته بسرعة كافية حتى يبقى على مداره حول الأرض

• المسار دائري

حتى يكون المسار دائرياً يجب ان يحقق شعاع السرعة الشرطين :

— شعاع السرعة v عمودي على الشعاع : OM في اللحظة $t = 0$

$$G \frac{m_s m}{R^2} \vec{n} = m \frac{v^2}{R} \vec{n} \rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{G m_s}{R}}$$

• المسار قطع ناقص :

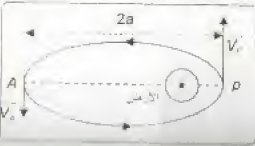
إذا لم يتحقق أحد الشرطين السابقين على السرعة

الابتدائية يصبح مسار القمر الاصطناعي قطعاً ناقصاً

فيمر القمر من موضعين خاصين

apogee النقطة الأبعد عن الأرض و

perigee النقطة الأقرب من الأرض



4-2 القمر الاصطناعي الجيو مستقر

يوم (24 ساعة) أي أن $T = 24h$.

مدار القمر الصناعي الجيو مستقر:

يكون القمر الصناعي جيو مستقرا ثابتا بالنسبة للأرض ويوجد مقابلها نفس المنطقة الجغرافية.

ويجب أن يحقق الشروط التالية:

— دور القمر في المعلم الجيو مركزي يساوي دور الأرض $T = 24h$.

— مداره دائري يقع في مستوى خط الاستواء.

— يدور في جهة دوران الأرض وب نفس السرعة الزاوية.

تخضع كل الأقمار الصناعية في مداراتها الدائرية إلى القانون الثالث لكبير:

$$\frac{T^2}{R^3} = \frac{4\pi^2}{GM_T} \rightarrow T = 2\pi \sqrt{\frac{R^3}{GM_T}}$$

تطبيق

يتم الاعتماد على القمر الاصطناعي الجيو مستقر لتغطية منطقة معينة من الأرض باستمرار

احسب نصف قطر مدار القمر المستقر R وارتفاعه z بالنسبة لسطح الأرض، يعطى:

$$R_T = 6400km \quad M_T = 5.976 \times 10^{24} kg \quad G = 6.67 \times 10^{-11} m^3 kg^{-1} s^{-2}$$

الحل:

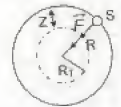
يدور القمر الاصطناعي حول الأرض بحركة دائرية منتظمة خلال

$T = 24h$ في المعلم الجيو مركزي. القمر الاصطناعي يخضع للقوة

$$\vec{F}_{Tis} = \frac{m_s M_T}{R^2} \vec{n}$$

و بتطبيق القانون الثاني لنيوتن $\vec{F}_{Tis} = m_s a_n = m_s \omega^2 R \vec{n}$

$$G \frac{m_s M_T}{R^2} = m_s \omega^2 R = m_s \frac{4\pi^2 R}{T^2}$$



$$\frac{GM_T}{R^3} = \frac{4\pi^2}{T^2} \rightarrow R = \left(\frac{GM_T T^2}{4\pi^2} \right)^{\frac{1}{3}} = \left[\frac{6.67 \cdot 10^{-11} \cdot 5.976 \cdot 10^{24} \cdot (86400)^2}{4\pi^2} \right]^{\frac{1}{3}} = 42.2 \cdot 10^3 km$$

$$Z = R - R_T = 42.2 \cdot 10^3 - 6.4 \cdot 10^3 = 35800 km$$



تطور العلم الميكانيكي

تمارين

تمرين 1

احسب بمسح أو خطا

a- يسمح قانون كبلر الثالث بحساب كتل الكواكب b- تدرس حركة كوكب في المعلم الجيو مركزي

c- يكون التسارع في الحركة الدائرية المنتظمة معدوماً .

d- مسار كوكب في المعلم الهليو مركزي قطع ناقص بشكل الشمس أحد محاوره .

e- تزداد سرعة القمر الاصطناعي الجيو مستقر في مداره .

f- دور القمر الاصطناعي مستقل عن كتلته .

g- يكون الارتفاع عن سطح الأرض هو نفسه بالنسبة لجميع الأقمار الاصطناعية.

الحل

a- صحيح ، b- خطأ ، c- خطأ ، d- صحيح ، e- خطأ

f- صحيح ، g- خطأ .

تمرين 2

البعيدان الأعظمي والأصغري لكوكب المريخ

بالنسبة لمركز الشمس (S) هما على الترتيب

206 ، 249 مليون كلم .

1- ما طبيعة مسار المريخ؟ ماذا تمثل (S)

بالنسبة لهذا المسار؟

الحل

1. مسار المريخ قطع ناقص ، تمثل (S) أحد محاور القطع الناقص.

2. حساب طول نصف القطر الكبير: بتطبيق قانون كبلر الثالث في المعلم الهليو مركزي .

$$\frac{T^2}{a^3} = \frac{4\pi^2}{Gm_s} \rightarrow a = \left(\frac{GM_s T^2}{4\pi^2} \right)^{\frac{1}{3}} = \left(\frac{6.67 \cdot 10^{-11} \cdot 2 \cdot 10^{30} \cdot (5.93 \cdot 10^7)^2}{4\pi^2} \right)^{\frac{1}{3}} = 2.3 \cdot 10^{11} km$$

تكون سرعة المريخ أعظمية عندما يكون أقرب ما يمكن من الشمس على المحور الكبير.

وتكون سرعة المريخ أصغر ما يمكن عندما يكون أبعد ما يمكن في الأوج.

تمرين 3

تعتبر كوكبا S₁ مداره قطعاً ناقصاً يدور حول نجم A

1- اعط القانون الأول كبلر .

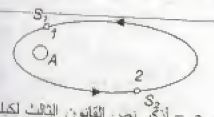
b- ماذا تمثل A بالنسبة للقطع الناقص .

2- اذكر نص القانون الثاني لكبلر .

b- وضعه بالشكل .

c- قارن سرعتي كوكب S₁ في الموضعين 2 و 1

d- ما نتائج القانون الثاني لكبلر عندما يكون



3- a - اذكر نص القانون الثالث لكبلر .

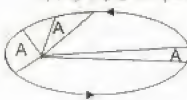
b - يبعد كوكب آخر S₂ تابع للنجم A بمسافة أكبر من S₁ و مداره قطع ناقص قارن بين

دورهما T₁ ، T₂ .

الحل

تطور العلم الميكانيكي

٥- نص القانون الأول لكبلر : تكون مدارات الكواكب في المرجع الهيليو مركزي قطوعا
 - خاصة بشكل مركز النجم A أحد محارفيها.
 - تمثل A أحد محارق القطع الناقص
 ٦- نص القانون الثاني لكبلر :
 - لمساحات المسوحة من طرف الشعاع الذي يصل مركز النجم A بمركز الكوكب S_i
 - تشكل مساحات متساوية خلال فترات زمنية متساوية .
 - توضيح القانون الثاني لكبلر بالشكل
 - تكون سرعة S_i في الوضع 1 أكبر
 - من سرعة S_i في الوضع 2 نظرا من النجم A
 - عندما يكون المسار دائريا تكون :
 - سرعة الكوكب ثابتة .
 - مركز A هو مركز المسار الدائري
 - شكل المساحات المسوحة يكون متماثلا خلال فترات زمنية متساوية.
 ٧- نص القانون الثالث لكبلر



باسب مربع الدور T طردبا مع مكعب نصف طول المحور الكبير a القطع الناقص = K

$$\frac{T^2}{a^3} = K$$

 المقارنة بين الدورين T₁ و T₂ للكوكبين S₁ و S₂

$$\frac{T_1^2}{a_1^3} = \frac{T_2^2}{a_2^3} = K$$

٤- برين:

اسم القمر في معلم جيومركزي مساريا يمكن
 ١- حساب في هذا المرجع سرعة ودور القمر .
 ٢- استنتاج قانون كبلر الثالث.
 ٣- استنتاج دور التلسكوب هابل الذي يدور على
 ارتفاع 600km من سطح الأرض.
 ٤- عرف المعلم الجيو مركزي .
 ٥- عرف المعلم الجيو مركزي متدور مركز الأرض ومحاوره تتجه نحو م بعيدة لعنبرها ثابتة

٥- نص القانون الأول لكبلر : تكون مدارات الكواكب في المرجع الهيليو مركزي قطوعا
 - خاصة بشكل مركز النجم A أحد محارفيها.
 - تمثل A أحد محارق القطع الناقص
 ٦- نص القانون الثاني لكبلر :
 - لمساحات المسوحة من طرف الشعاع الذي يصل مركز النجم A بمركز الكوكب S_i
 - تشكل مساحات متساوية خلال فترات زمنية متساوية .
 - توضيح القانون الثاني لكبلر بالشكل
 - تكون سرعة S_i في الوضع 1 أكبر
 - من سرعة S_i في الوضع 2 نظرا من النجم A
 - عندما يكون المسار دائريا تكون :
 - سرعة الكوكب ثابتة .
 - مركز A هو مركز المسار الدائري
 - شكل المساحات المسوحة يكون متماثلا خلال فترات زمنية متساوية.
 ٧- نص القانون الثالث لكبلر
 باسب مربع الدور T طردبا مع مكعب نصف طول المحور الكبير a القطع الناقص = K

$$\frac{T^2}{a^3} = K$$

 المقارنة بين الدورين T₁ و T₂ للكوكبين S₁ و S₂

$$\frac{T_1^2}{a_1^3} = \frac{T_2^2}{a_2^3} = K$$

تمرين 5

وضع المسبار الفضائي MarsOdyssey في
 مدار حول المريخ في جانفي 2002 على
 ارتفاع ثابت Z = 400km .
 ١- عبر عن سرعة المسبار v في معلم مركزه
 المريخ بدلالة Z والكتلة M_M للمريخ ونصف
 قطر المريخ R_M .
 ٢- استنتج علاقة الدور T .
 ٣- يدور القمر الصناعي حول الأرض في مدار
 منخفض (ينهل ارتفاعه امام نصف قطر
 الأرض) .
 دوره T_r = 1h24mn وإذا كانت النسبة بين
 كتلتي المريخ والأرض هي
 M_M / M_T = 0.107
 R_M = 3.4 × 10³ km , R_T = 6.4 × 10³ km
 عبر عن النسبة T_r بدلالة
 R_M / R_T .
 b- احسب الدور T .

الحل
 1- سرعة المسبار في معلم مركزه المريخ : يؤثر المريخ على المسبار بقوة .

$$\vec{F}_{MIS} = \frac{GM_M M_s}{(R_M + Z)^2} \vec{n} = M_s \frac{V^2}{R_M + Z} \vec{n} \rightarrow V^2 = \frac{GM_M}{R_M + Z} \rightarrow V = \sqrt{\frac{GM_M}{R_M + Z}}$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \rightarrow T = \frac{2\pi}{V} (R_M + Z) \rightarrow T = 2\pi \sqrt{\frac{(R_M + Z)^3}{GM_M}} \dots (1)$$

$$3- a- \text{ التعبير عن النسبة } \frac{T_r}{T} \text{ لدينا } \frac{T_r}{T} = 2\pi \sqrt{\frac{R_T^3}{GM_T}} \dots (2) \text{ بقسمة 1 على 2 نجد:}$$

$$\frac{T}{T_r} = \sqrt{\frac{(R_M + Z)^3}{GM_M}} \times \sqrt{\frac{GM_T}{R_T^3}} = \sqrt{\frac{(R_M + Z)^3 M_T}{R_T^3 M_M}} \rightarrow T = T_r \sqrt{\frac{(R_M + Z)^3}{R_T^3} \cdot \frac{M_T}{M_M}}$$

$$b- \text{ حساب الدور } T : T = T_r \sqrt{\frac{(R_M + Z)^3}{R_T^3} \cdot \frac{M_T}{M_M}} = 1.4 \sqrt{\frac{(3.8 \times 10^3)^3}{(6.4 \times 10^3)^3} \cdot \frac{1}{0.107}} = 1.96h$$

تمرين 6

يملك كوكب المريخ قمرين فوٹوس (Photos) و دايوس (Daimos) لوحظا لأول مرة
 عام 1877 من طرف الفلكي الأمريكي أساف هال (Asaph Hall) برسمان في الاتجاه المباشر
 مسارين دائريين نصف قطر مسار دايوس R_D = 23490 km ودوره T_D = 30h , 18mn
 نصف قطر مسار فوٹوس R_P = 9354 km .
 1- ماهي العلاقة الحركية لتسارع الجاذبية على الارتفاع R من مركز المريخ كتلته M_M
 و R وثابت الجذب العام G .
 2- عبر حركيا عن الدور T لتسر يق على ارتفاع R من مركز المريخ .
 3- احسب كتلة المريخ M_M .
 4- احسب دور القمر فوٹوس بطريقتين مختلفتين .
 G = 6.67 × 10⁻¹¹ SI

الحل

$$1- \text{ العلاقة الحركية لتسارع الجاذبية على ارتفاع } R : g(R) = G \frac{M_M}{R^2}$$

$$2- \text{ التعبير عن الدور } T : \text{ مسار القمر دائري وحركته الدورية منتظمة فتسارع:}$$

$$T = \frac{4\pi^2 r^3}{GM_T} = \frac{4\pi^2 (7 \times 10^6)^3}{5.9 \times 10^{24}} = 5.9 \times 10^5 \text{ s} = 6.8 \text{ days}$$

3 - حساب قيمة g : $g = 9.80 \times \left(\frac{6400}{6400 + 800} \right)^2 = 7.47 \text{ m.s}^{-2}$

4 - حساب سرعة هذا القمر ودوره.

لدينا : $v^2 = R.g(h) = \sqrt{7.2.10^8 \times 7.47} = 7.33.10^3 \text{ ms}^{-1}$ ومنه : $v^2 = R.g(h)$

ودوره : $T = 2\pi \cdot \frac{R}{v} = \frac{2 \times \pi \times 7200}{7.47} = 6060 \text{ s} = 1 \text{ h} 41 \text{ mn}$

5 - هذا القمر لا يتواجد على نفس المنطقة لأن الأرض تدور حول المحور المار من القطب الشمالي بينما القمر الصناعي يمر من القطب الشمالي للأرض .

تمرين 8

- نعتبر قمرًا اصطناعيًا يدور في مدار دائري حول الأرض مركزه مركز الأرض .
 1 - لماذا لا تدرس حركة القمر في مرجع أرضي ؟
 2 - هل سرعة القمر ثابتة ؟
 3 - بين أن حركة القمر منتظمة ؟
 4 - أعط عبارة دور القمر الاصطناعي/بدلالة الارتفاع.

الحل :

1 - يدور القمر الصناعي حول الأرض التي دورها في حالة حركة و بالتالي لا يمكن دراسة حركته في مرجع أرضي ، فالمرجع المناسب لدراسة حركة القمر الصناعي هو المرجع الجيومي مركزي المرتبط بمركز الأرض والمعلم المرفق به محاوره تتجه نحو ثلاث نجوم ثابتة و التي نعتبرها غالبًا.

2 - سرعة القمر الاصطناعي ثابتة لأن :

$$F = \frac{mv^2}{r} , F = \frac{mM_r G}{r^2} \rightarrow \frac{mv^2}{r} = \frac{mM_r G}{r^2} \rightarrow v^2 = G \frac{M_r}{r} \rightarrow v = \sqrt{G \frac{M_r}{r}}$$

$$\rightarrow v^2 = G \frac{M_r}{r} \rightarrow v = \sqrt{G \frac{M_r}{r}}$$

بما أن r ثابت فإن : $v = \sqrt{G \frac{M_r}{r}} = Cte$

3 - بما أن قيمة سرعة القمر الاصطناعي ثابتة فالحركة دائرية منتظمة .

4 - عبارة دور القمر الاصطناعي : $T = 2\pi \cdot \frac{R+h}{v} \rightarrow T = 2\pi \cdot \frac{R+h}{\sqrt{G \frac{M_r}{R+h}}} = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{(R+h)^3}{GM_r}}$

R : نصف قطر الأرض h ارتفاع القمر على سطح الأرض .

تمرين 9

ندرس حركة الأرض في المعلم الهليو مركزي المعتمد غالبًا.

1 - عبر عن حقل الجاذبية الشمسية على بعد r من مركز الشمس .

2 - يمكن تشبيه الأرض بقطعة مادية على بعد r من الشمس .

عبر عن سرعة الأرض بدلالة ثابت التجاذب الكوني و r و كتلة الشمس M_s

3 - استنتج كتلة الشمس المعطيات : $r = 1.496 \times 10^{11} \text{ m}$, $T = 365.25 \text{ j}$, $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2 \text{ kg}^{-2}$

الحل

1 - حقل جاذبية الشمس على بعد r من مركز الشمس : $g = G \frac{M_s}{r^2}$

$$a_n = \frac{v^2}{R} = g \rightarrow v^2 = R.g = G \frac{M_s}{R} \rightarrow v = \sqrt{G \frac{M_s}{R}}$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \cdot \frac{R}{v} = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{R^3}{GM_s}}$$

نحدد كتلة المريخ M_M من العلاقة السابقة : $M_M = \frac{4\pi^2 \cdot R^3}{T^2 \cdot G}$

ع : من أجل قمر داياموس $T_D = 2.349.10^7 \text{ s}$ و $T_D = 30 \text{ h}$, $18 \text{ mn} = 1.09 \times 10^5 \text{ s}$

$$M_M = \frac{4\pi^2 \cdot R^3}{T^2 \cdot G} = \frac{4\pi^2 (2.349.10^7)^3}{(1.09.10^5)^2 \cdot 6.67 \times 10^{-11}} = 6.45 \times 10^{22} \text{ kg}$$

- حساب دور القمر فوئوس :

من القانون الثالث لكبلر : $T_D = 2\pi \sqrt{\frac{R_D^3}{GM_M}}$ و $T_P = 2\pi \sqrt{\frac{R_P^3}{GM_M}}$ بقسمة العلاقتين :

$$T_P^2 = T_D^2 \left(\frac{R_P}{R_D} \right)^3 \rightarrow T_P = 27410 \text{ s} = 7 \text{ h} 36 \text{ mn} 50 \text{ s}$$

من علاقة الدور :

$$T_P = 2\pi \sqrt{\frac{R_P^3}{GM_M}} = 6.28 \cdot \sqrt{\frac{(9.354.10^6)^3}{6.67.10^{-11} \times 6.45.10^{22}}} = 27405 \text{ s} = 7 \text{ h} 36 \text{ mn} 4 \text{ s}$$

تمرين 7

- قمر اصطناعي حول الأرض على ارتفاع $h = 800 \text{ km}$ يسار به من الشانول المقام القطب الشمالي .
 1 - حدد طبيعة حركة القمر الصناعي مع التعليل .
 2 - اكتب العلاقة الحرفية لتسارع الجاذبية الأرضية g من أجل $h = 800 \text{ km}$.
 3 - احسب g من أجل $h = 800 \text{ km}$.
 4 - عين سرعة هذا القمر ودوره .
 5 - هل هذا القمر يتواجد دوماً مقابلاً لمنطقة واحدة من سطح الأرض؟ برر إجابتك.

ندرس حركة مركز عطلة القمر الصناعي في معلم مركزي أرضي مركزه الأرض وتكون سرعة القمر الصناعي دائرية منتظمة ، مركز الأرض هو مركز مسار هذه الحركة لأن القمر يصغي بخضوع لقوة ثقالة فقط ومنه : $a_n = g(h) = Cte$

$$a_n = \frac{v^2}{R} = g \rightarrow v^2 = R.g(h) = Cte$$

كتابة العلاقة الحرفية لتسارع الجاذبية :

بلاطة g بدلالة M_r و R_r و G : $g(h) = G \frac{M_r}{(R_r + h)^2}$ و $g = mg = G \frac{m \cdot M_r}{(R_r + h)^2}$

بلاطة g بدلالة g_0 والارتفاع h : $g(h) = g_0 \left(\frac{R_r}{R_r + h} \right)^2$ و g_0 من (1) و (2) : $g(h) = g_0 \left(\frac{R_r}{R_r + h} \right)^2$

جـ - يمثل الدور $23/56 \text{ min}$ دور القمر الصناعي وهو المدة اللازمة لكي يكمل القمر دورة واحدة حول الأرض.

د - الدور لإيساري 24h لعدم تغير نصف قطر الأرض.

$$\frac{(R+H)^3}{T^2} = Cte \quad \text{لأن ذلك من الجدول أن}$$

$$A = \frac{(R+H)^3}{T^2} = \frac{(6400 + 35800 \cdot 10^3)^3}{23 \cdot 3600 + 56 \cdot 60} = \frac{75151448 \cdot 10^{11}}{(82800 + 3360)} = 1.01 \cdot 10^{13} \text{ SI}$$

مركبة مير:

$$A = \frac{(R+H)^3}{T^2} = \frac{(6400 + 19100 \cdot 10^3)^3}{(3600 + 35 \cdot 60)^2} = \frac{120509 \cdot 10^{11}}{(8700)^2} = 1.01 \cdot 10^{13} \text{ SI}$$

كوسموس 1970

$$A = \frac{(R+H)^3}{T^2} = \frac{(6400 + 19100 \cdot 10^3)^3}{(11 \cdot 3600 + 14 \cdot 60)^2} = \frac{16581375 \cdot 10^{11}}{(40440)^2} = 1.01 \cdot 10^{13} \text{ SI}$$

$$\text{لأن: } \frac{(R+H)^3}{T^2} = Cte \quad \text{في حدود الخطأ القياس.}$$

5/ استنتاج قيمة تقريبية لكثافة الأرض: لنبدأ:

$$F = 0.025 \cdot M = 0.72 \cdot 32 \cdot 10^{15} \rightarrow M = \frac{1.01 \cdot 10^{13}}{0.025 \cdot G} = \frac{1.01 \cdot 10^{13}}{0.025 \cdot 6.67 \cdot 10^{-11}} = 6.07 \cdot 10^{26} \text{ kg}$$

تمرين 11

- نعتبر أن توزيع كتلتي الأرض والقمر ذو تناظر كروي.

- ونقتل القمر في مدار دائري حول الأرض.

نسمي r البعد بين مركزي الأرض والقمر.

1 - ارسم شكلا لمدار القمر في مرجع جيو مركزي ومثل قوة التجاذب التي تؤثر عليه (انظر الشكل).

2 - يعطى حقل التجاذب الأرض بالعلاقة: $g = \frac{GM}{r^2}$

a - ما ذا يمثل كل حرف في هذه العلاقة؟

b - حدد عبار g_0 (حقل التجاذب على سطح الأرض) و R (نصف قطر الأرض).

c - طبق نظرية مركز العطالة (القانون الثاني لنيوتن) على مدار القمر في مركز الأرض.

d - لكن v سرعة القمر على مداره أعط معييرات شعاع تسارع مركز عطالة القمر.

دائرية منتظمة.

c - بين أن عبارة g_0 تعطى بـ $\frac{v^2}{R}$.

d - عرف منذ القدم $r = 60R$ وأن دور القمر $T = 27.3 \text{ h}$ و $R = 6370 \text{ km}$.

سنة 1670 بطريقة مثالية من تحديد قيمة R والمسماة R_{1670} في سنة 1670.

اسحاق نيوتن هذه النتيجة من أجل تحديد قيمة g_0 ، عبر عن v بـ $\frac{2\pi R}{T}$ و T بـ 27.3 h .

المحددة من طرف اسحاق نيوتن.

$$v^2 = G \frac{M_s}{r} \rightarrow v = \sqrt{G \frac{M_s}{r}} \quad \text{ومنه: } \frac{mv}{r} = G \frac{mM_s}{r^2}$$

$$3 - \text{استنتاج كتلة الشمس: لدينا } v^2 = \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2 \cdot r^2 = G \frac{M_s}{r}$$

$$M_s = \frac{4\pi^2 r^3}{GT^2} = \frac{4 \times 3.14 \times (1.496 \cdot 10^{11})^3}{6.67 \times 10^{-11} \times (365.25 \times 86400)^2} = 1.99 \cdot 10^{30} \text{ kg}$$

تمرين 10

القمر الصناعي	مركبة مير	كوسموس 1970
T	23h56min	11h14min
H	35800km	500km

نستعمل بعض خصائص المدار الاصطناعية لميوسات خصائص خاصة.

2/ نرمز بـ H ارتفاع القمر في مداره R نصف قطر الأرض، و G ثابت الجذب العام و T دور القمر و M كتلة الأرض.

د - لماذا لإيساري 24h؟

ج - ما هي هذه الخصائص؟

ب - كيف يسمى هذا النوع من المدار الصناعية؟

ا/ تأكد من الجدول أن $\frac{(R+H)^3}{T^2} = Cte$.

5/ استنتاج قيمة تقريبية لكثافة الأرض.

المعطيات: $R = 6400 \text{ km}$ $G = 6.67 \cdot 10^{-11} \text{ SI}$

الحل

1/ طباعة صورة قمر الصناعي على طبق القانون الثاني لنيوتن في معلم جيوسركزي والذي نعتبره

$$\vec{F} = m\vec{a} = G \frac{m_s M}{(R+H)^2} \vec{n} \rightarrow G \frac{M}{(R+H)^2} = a_n = \frac{v^2}{(R+H)}$$

ومنه: $v^2 = G \frac{M}{(R+H)}$ ومنه فحركة القمر الصناعي دائرية منتظمة.

$$T = \frac{2\pi(R+H)}{v} \quad \text{وحساب ثابت التناسب: لدينا: } \frac{(R+H)^3}{T^2} = Cte$$

$$T^2 = \frac{4\pi^2(R+H)^3}{v^2} \rightarrow v^2 = \frac{4\pi^2(R+H)^3}{T^2} = \frac{GM}{(R+H)}$$

$$k = \frac{GM}{4\pi^2} = \frac{GM}{40} = 0.025GM$$

لأن $k = 0.025GM$ و $G = 6.67 \cdot 10^{-11} \text{ SI}$ و $M = 5.97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$

لذلك $k = 0.025 \cdot 6.67 \cdot 10^{-11} \cdot 5.97 \cdot 10^{24} = 1.01 \cdot 10^{13} \text{ SI}$

لذلك $k = 1.01 \cdot 10^{13} \text{ SI}$ و $T = 24 \text{ h}$

لذلك $k = 1.01 \cdot 10^{13} \text{ SI}$ و $T = 24 \text{ h}$

لذلك $k = 1.01 \cdot 10^{13} \text{ SI}$ و $T = 24 \text{ h}$

لذلك $k = 1.01 \cdot 10^{13} \text{ SI}$ و $T = 24 \text{ h}$

في الوقت الحالي حوالي 2600 قمر حول الأرض تتدخل في مجالات عديدة : الهاتف ، ربيون ، الجيو فيزياء ، الاستكشاف ، الأرصاد الجوي ، الفلك ، التجسس ، ...
 ملاحظاتها واسعة : ضوئي ، راداري ، تحت الحمراء ، فوق بنفسجي ، النقاط الإشارات
 علما أن طيف الضوء المرئي محدود اعط حدود أطول الموجات في الفراغ لهذا الطيف
 يور بين تحت الحمراء وفوق البنفسجية .
 سرعة الضوء في الفراغ هي $3 \times 10^{10} \text{ ms}^{-1}$ استنتج حدود نواتر الضوء المرئي .
 لماذا نؤكد على (الفراغ) لاعطاء قيم طول الموجة ؟

تكنولوجيا 2005 فرنسا



أول قمر اصطناعي :

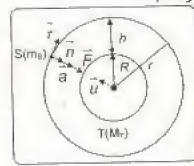
التعبير شعاعيا عن القوة التي تؤثر بها الأرض على القمر :
 الأرض على القمر الاصطناعي بقوة تعطي بتقانون

$$\vec{F}_{TIS} = -G \frac{M_E m_s}{(R+h)^2} \vec{u}$$

استنتاج العبارة الشعاعية لتسارع القمر :

المعلم الجيومركزي عالي ، بتطبيق القانون الثاني لنيوتن على القمر الصناعي النقطي :

$$\sum \vec{F}_{ext} = m \vec{a} \quad \text{و القوة الوحيدة المؤثرة على القمر هي } \vec{F}_{TIS} \text{ ومنه :}$$



$$\vec{a} = -G \frac{M_E}{(R+h)^2} \vec{u} \quad \text{ومنه :} \quad \vec{a} = -G \frac{M_E}{(R+h)^2} \vec{u} \quad (2) \dots$$

تسارع مركزي لأنه يعاكس شعاع الوحدة \vec{u}

1 - $\vec{a} = -a \vec{u}$ بيان أن حركة هابل دائرية منتظمة.

كتابة التسارع في معلم قريب بالشكل : $\vec{a} = a_r \vec{u} + a_n \vec{n}$

$$\frac{dv}{dt} = 0 \quad \text{و} \quad a_n = \frac{v^2}{r} \quad (3) \quad \text{حيث :} \quad r = R+h$$

$v = ct\theta$ ومنه حركة قمر هابل دائرية منتظمة.

التعبير عن سرعته القمر بدلالة G و h و R و M_E :

$$v = \sqrt{\frac{GM_E}{R+h}} \quad \text{ومنه :} \quad \frac{v^2}{(R+h)} = G \frac{M_E}{(R+h)^2}$$

$$T = \frac{2\pi}{v} = \frac{2\pi(R+h)}{GM_E} = 2\pi \sqrt{\frac{(R+h)^3}{GM_E}}$$

عبارة الدور T للقمر هابل :

الثالث كبير : مربع دور دوران القمر يتناسب مع مكعب نصف قطر مساره .

$$T^2 = \frac{4\pi^2}{GM_E} (R+h)^3 \quad \text{أي :} \quad T^2 = \frac{4\pi^2}{GM_E} (R+h)^3 \quad \text{ومنه :} \quad T^2 = kR^3$$

دالة القمر الاصطناعي الجيومركزي :

السود بالقمر الجيومركزي : هو القمر الذي يثبت دائما بالنسبة للأرض .

b - المسار الذي يوافق قمر اصطناعي جيومركزي هو الموافق للشكل 1 ، لأن مستوى مسار القمر يشمل خط الاستواء .

III - الأقمار الصناعية في مدارات ناقصية - 1

القانون الأول لكبلر : الأقمار الصناعية ترسم مسارات ناقصة أحد محارفيها هو مركز الأرض .
 القانون الثالث لكبلر : مربع دور دوران القمر يتناسب مع مكعب محو نصف القطر الكبير للمسار الناقص .



2 - رسم شكل مدار القمر هيباركوس

و P نهايتي القطر الكبير للمسار الناقص

A النقطة الأبعد من الأرض و P النقطة الأقرب من الأرض .

موضحا عليه مركز عطالة الأرض و النقطتين P ، A

3 - على هذا المسار تكون حركة القمر هيباركوس ليست منتظمة

4 - سرعته القمر عند A تكون أصغر ما يمكن و عند P تكون أكبر ما يمكن .

IV - مهمات الأقمار الصناعية

1 - حدود أطول الموجات في الفراغ للطيف المحصور بين الأشعة تحت الحمراء وفوق البنفسجية هو : $800 \text{ nm} \leq \lambda \leq 400 \text{ nm}$ (IR)

2 - حدود نواتر الضوء المرئي : $3.75 \times 10^{14} \text{ Hz} \leq f \leq 3.10^{15} \text{ Hz}$

$$f_r = \frac{c}{\lambda_r} = \frac{3 \cdot 10^8}{8.10^{-7}} = 3.75 \cdot 10^{14} \text{ Hz} \quad \text{ومنه :} \quad f_r = \frac{c}{\lambda_r} = \frac{3 \cdot 10^8}{4.10^{-7}} = 7.50 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

3 - نؤكد على (الفراغ) لاعطاء قيم طول الموجة لأن التواتر في المجال المرئي يتعلق فقط بالمائع الضوئي والذي يوافق لون محدّد ، بينما طول الموجة λ يتعلق في نفس الوقت بالمائع الضوئي وبوسط الانتشار . $v = \lambda f$ و $v = c/n$ سرعة الانتشار في الوسط و f نواتر المائع الضوئي .

وسرعة الانتشار تتعلق بالوسط بالوسط : $v = c/n$ و $\lambda_{vac} = c/f$ ومنه : $\lambda_{vac} = v/f = c/nf$

ولما كان $n > 1$ فإن : $\lambda_{vac} < \lambda_{med}$

تمرين 13

يتكون النظام GPS (Global Positioning System) من 24 قمر اصطناعي تدور حول

الأرض في مدارات مختلفة (كل مدار يحتوي

8 أقمار اصطناعية) ، على ارتفاع

20000km من سطح الأرض و تكمل دورة

واحدة خلال 12h تقريبا ، ترسل هذه الأقمار

موجات كهرومغناطيسية نحو الأرض ، والتي

تسمح بتحديد وضع نقطة (العرض ، الطول ،

الارتفاع) بدقة كبيرة أقل من 20m تقريبا .

هذه الأقمار مجهزة بساعات ذرية (من Cs و Rb

دقة من رتبة 10^{-15} s ، يؤثر الغلاف الجوي

على دقة القياس بشكل كبير .



1 - ما هي المدة الزمنية التي تستغرقها إشارة

صادرة من القمر الصناعي إلى مستقبل

2- حول الدقة الألفية إلى دقة على زمن انتشار الإشارة .

3- قدر خطأ المسافة التي تركبها هذه الساعات الذرية. هل هذه الأخطاء معنوية؟

4- كيف يمكنك تفسير أن الغلاف الجوي للأرض يؤثر على القياسات ؟

5- أبحت عن استعمالات أخرى للـ GPS .

الحل

1 - لكي تنتقل إشارة من القمر الصناعي إلى جهاز استقبال على الأرض :

$$t = \frac{d}{c} = \frac{2.10^7}{3.10^8} = 6.7 \times 10^{-2} \text{ s} = 67 \text{ ms}$$

2 - تحويل الدقة الألفية إلى دقة على زمن انتشار الإشارة :

$$\Delta t = \frac{\Delta d}{c} = \frac{20}{3.10^8} = 6.67 \times 10^{-8} \text{ s} = 67 \text{ ns}$$

3 - تقدير خطأ المسافة الذي ينتج عن هذه الساعات الذرية :

$$\Delta x = c \Delta t = 3 \times 10^8 \times 6.7 \times 10^{-8} = 20.1 \text{ m} \approx 0.3 \text{ mm}$$

4 - تفسير أن الغلاف الجوي للأرض يؤثر على القياسات: تتأثر الأمواج الكهرومغناطيسية المرسله من طرف الأقمار الاصطناعية بظيقات الجو المشحونة.

5 - استعمالات الـ GPS : استعمالات عسكرية (قصف هدف بدقة، التجسس)، الاتصالات: هاتف تلفون، أبحاث علمية التقيب على البترول، المياه الجوفية ، الزلازل ، البراكين، الملاحة والصيد البحري.....

تسعين 14

معلومات عديدة: ثابت الجذب العام $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ SI}$ ، نصف قطر الأرض $R_T = 6400 \text{ km}$ ، شدة حقل الجاذبية على سطح الأرض $g_0 = 9.8 \text{ ms}^{-2}$

1- نعتبر أن الأرض كرة متجانسة مركزها O.

(a) أعط عبارة شدة حقل الجاذبية g الذي ينتج عن الأرض على ارتفاع h بدلالة G, R_T, h, M_T .

حيث M_T كتلة الأرض.

(b) استنتج العبارة الحرفية لـ M_T بدلالة g_0, G, R_T .

(c) أحسب قيمة M_T .

2- نعتبر قمرًا أرضيًا، وبشبه نقطة مادية كتلته m يخضع فقط لقوة جذب الأرض \vec{F} يرسم مسارًا دائريًا مركزه O في المعلم الجيو مركزي.

(a) بين أن حركة القمر دائرية منتظمة.

(b) عبر عن سرعة القمر ودوره T بدلالة G, R_T, h, M_T .

(c) نضع $r = h + R_T$ ، بين أن النسبة T^2 / r^3 تساوي ثابتًا والذي يعبر عنه بدلالة G, M_T .

3- بصوتي الجدول التالي القيم العددية للدور T والارتفاعات h لمدارات الأقمار الاصطناعية الأرضية.

الولايات المتحدة	الصين	بايكونور	كورو	قاعدة الإطلاق
USA - 35	Feng-Yun-1	Cosmos 1970	Intelsat - 5	القمر
12 ^h	102.8 ^{min}	11 ^h 14 ^{min}	23 ^h 56 ^{min}	الدور T
2.02.10 ⁴	9.10 ²	1.91.10 ⁴	3.85.10 ⁴	h

(b) استنتج القيمة العددية لكتلة الأرض M_T .

الحل

1- عبارة شدة حقل الجاذبية g :

تؤثر عبارة شدة حقل الجاذبية g على نقطة موجودة على ارتفاع h من سطح الأرض بقوة: (1) $F = mg$

وينطبق قانون الجذب العام فإن: (2) $F = G \frac{mM_T}{(R_T + h)^2}$

من العلاقتين (1) و (2) فإن: $g = G \frac{M_T}{(R_T + h)^2}$

(b) العبارة الحرفية لـ M_T بدلالة G, R_T, g_0 : إذا كان $h = 0$ فإن: $g_0 = G \frac{M_T}{R_T^2}$

(c) أحسب قيمة M_T : $M_T = \frac{g_0 R_T^2}{G} = \frac{9.8(6400 \times 10^3)^2}{6.67 \times 10^{-11}} = 6.01 \times 10^{24} \text{ kg}$

2- (a) إثبات أن حركة القمر دائرية منتظمة:

لدينا في كل لحظة $\vec{F} \perp \vec{v}$ فالحركة دائرية منتظمة

(b) التعبير عن سرعة القمر ودوره T بدلالة G, R_T, h, M_T :

بتطبيق القانون الثاني لنيوتن في مرجع جيو مركزي نعتبره غاليليا: $\sum \vec{F} = m\vec{a}$

القوة الوحيدة المؤثرة في القمر هي الثقل ومنه: $\vec{P} = m\vec{g}$. ومنه: $\vec{a}_n = \vec{g}$

$a_n = \frac{v^2}{r}$ تسارع ناظمي قيمته: $\frac{M_T}{(R_T + h)^2} = G \frac{M_T}{(R_T + h)^2} = \frac{v^2}{r}$ ومنه: $a_n = \frac{v^2}{r}$

(c) نضع $r = h + R_T$ فإن: $v = \sqrt{G \frac{M_T}{r}}$ ولدينا: $T = \frac{2\pi r}{v}$ ومنه: $T^2 = \frac{4\pi^2 r^3}{v^2}$

أي أن: $T^2 = \frac{4\pi^2 r^3}{GM_T} = \frac{4\pi^2 r^3}{GM_T} = \frac{4\pi^2 r^3}{GM_T}$ ومنه: $T^2 = \frac{4\pi^2 r^3}{GM_T}$

3- (a) نحسب من أجل كل قمر صناعي النسبة T^2 / r^3 فنحصل على النتائج التالية:

الولايات المتحدة	الصين	بايكونور	كورو
2.66 × 10 ⁹	7.3 × 10 ⁸	2.55 × 10 ⁷	4.22 × 10 ¹
4.32 × 10 ⁴	6.188 × 10 ⁹	4.044 × 10 ⁴	8.616 × 10 ⁴
1.009 × 10 ¹³	1.023 × 10 ¹³	1.014 × 10 ¹³	1.012 × 10 ¹³

بمقارنة هذه القيم نجد أنها متساوية في حدود الأخطاء المرتكبة.

(b) استنتج القيمة العددية لكتلة الأرض M_T :

من العلاقة: $T^2 = \frac{4\pi^2 r^3}{GM_T} = \frac{4\pi^2 r^3}{GM_T}$ فإن:

$$M_T = \frac{4\pi^2 r^3}{GT^2} = \frac{4 \times (3.14)^2 \times 1.0145 \times 10^{13}}{6.67 \times 10^{-11}} \approx 6 \times 10^{24} \text{ kg}$$

وهي توافق القيمة المحصل عليها سابقا.

السقوط الشاقولي لجسم في الهواء

1. فعل الثقالة : حقل الجاذبية

1.1 ثقل الجسم

يخضع كل جسم موجود بجوار الأرض لقوة جذب الأرض له تسمى بقوة الثقل $\vec{p} = m\vec{g}$ باعتبار الأرض مرجع غاليلي

مميزات \vec{p} :
 - نقطة التأثير : مركز ثقل الجسم .
 - الحامل : الشاقول .
 - الاتجاه : نحو الأسفل .
 - الشدة : $p = mg$ وحدتها النيوتن (N) .

\vec{g} حقل الجاذبية الأرضية في النقطة (M) بجوار الأرض

حيث : $\vec{g} = \frac{\vec{p}}{m}$ حيث \vec{g} : يتجه نحو مركز الأرض .

2.1 حقل الثقالة

نعتبر بأن الثقل وقوة جذب الأرض للجسم متماثلان $F = P = G \frac{mM}{(R+Z)^2}$

محدودة من الفضاء والمحيطية بالأرض (له نفس القيمة والشدة والمنحى)
 $mg = \frac{GmM}{(R+Z)^2} \Rightarrow g = \frac{GM}{(R+Z)^2}$

3.1 السقوط الشاقولي لجسم في الهواء : يخضع الجسم أثناء سقوطه لتأثير :
 - قوة ثقله \vec{p} حيث $p = mg$
 - تأثير الهواء المتمثل في قوتين :
 a. قوة دافعة أرخيدس : $\vec{\Pi}$
 - دافعة أرخيدس :
 هي قوة يؤثر بها المائع (الهواء أو السائل) على الجسم وتكون عكس جهة قوة الثقل وتساوي ثقل المائع المزاح $\Pi = m_0 g$ حيث : m_0 كتلة المائع p الكتلة الحجمية للمائع . V : حجم المائع المزاح

b. قوة الاحتكاك مع الهواء : يخضع الجسم في المائع لقوة \vec{f} شاقولية وتعاكس الحركة لها نفس منحى \vec{v} ، تزداد قيمتها بزيادة سرعة الجسم .

- تكون \vec{f} دالة خطية في السرعة من أجل السرعات الصغيرة وقيميتها $f = kv$ ، k : معامل الاحتكاك

- تكون دالة في v^n عندما تكون السرعة كبيرة وقيمتها : $f = kv^n$

4.1 المعادلة التفاضلية لحركة السقوط :
 بتطبيق القانون الثاني لنيوتن على جسم يسقط في الهواء بدون سرعة ابتدائية $t=0$ في مرجع غاليلي مرتبط بالأرض : $\Sigma \vec{F}_{ext} = m\vec{a}$

في حالة $f = kv$ ، \vec{v} : سرعة الجسم ، \vec{g} : تسارع الجاذبية ، \vec{p} : قوة الثقل ، $\vec{\Pi}$: قوة دافعة أرخيدس ، \vec{f} : قوة الاحتكاك

في حالة $f = kv^n$ ، \vec{v} : سرعة الجسم ، \vec{g} : تسارع الجاذبية ، \vec{p} : قوة الثقل ، $\vec{\Pi}$: قوة دافعة أرخيدس ، \vec{f} : قوة الاحتكاك

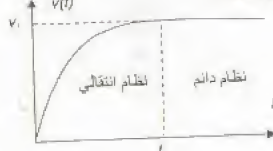
في حالة $f = kv^n$ ، \vec{v} : سرعة الجسم ، \vec{g} : تسارع الجاذبية ، \vec{p} : قوة الثقل ، $\vec{\Pi}$: قوة دافعة أرخيدس ، \vec{f} : قوة الاحتكاك

في حالة $f = kv^n$ ، \vec{v} : سرعة الجسم ، \vec{g} : تسارع الجاذبية ، \vec{p} : قوة الثقل ، $\vec{\Pi}$: قوة دافعة أرخيدس ، \vec{f} : قوة الاحتكاك

$\Pi = m_0 g$ دافعة أرخيدس ، m_0 كتلة المائع المزاح $f(v) = \dots$ (1) $\frac{dv}{dt} = g \left(\frac{m-m_0}{m} \right) - \frac{1}{m} f(v)$

حليها : $v(t) = \left(\frac{m-m_0}{m} \right) g \left(1 - e^{-\frac{K}{m} t} \right)$

بمتابعة تغيرات v بدلالة الزمن نحصل على بيان من الشكل :



قوة احتكاك المائع $f(v) = kv^n$

$\frac{dv}{dt} = g \left(\frac{m-m_0}{m} \right) - \frac{K}{m} v^n$

ومنه : $\frac{dv}{dt} = g \left(\frac{m-m_0}{m} \right) - \frac{K}{m} v^n$

معادلة تفاضلية من الدرجة الأولى بمعاملات ثابتة وبطرف ثان : $Bv^n + A = \frac{dv}{dt}$

حيث : $B = \frac{K}{m}$ و $A = g \left(\frac{m-m_0}{m} \right)$

من المنحى $v(t) = f(t)$: نؤول قيمة سرعة مركز عطالة الجسم إلى قيمة حدية ثابتة تسمى السرعة الحدية v_1 ، تبلغ السرعة الحدية عندما ينعدم التسارع $dv/dt = 0$ ومنه : $Bv_1^n = A$

$v_1 = \left(\frac{A}{B} \right)^{1/n}$ ومن أجل السرعات الصغيرة من رتبة $n=1$ فإن : $v_1 = \frac{A}{B} = \left(\frac{m-m_0}{m} \right) g \times \frac{m}{k}$

ومنه : $v_1 = \left(\frac{m-m_0}{k} \right) g$

نظامين الانتقالي والدائم

لترك الكرة تكون محصلة القوى المؤثرة عليها معدومة وبعد تركها في اللحظة $t=0$ تسبح مجموعة القوى المؤثرة عليها غير معدوم .

داد سرعتها فتسمى هذه المرحلة بالنظام الانتقالي ثم تتطور بعد ذلك حركة الكرة إلى

بام دائم حيث تصبح محصلة القوى معدومة .

جديد وبالتالي تثبت سرعة الكرة .

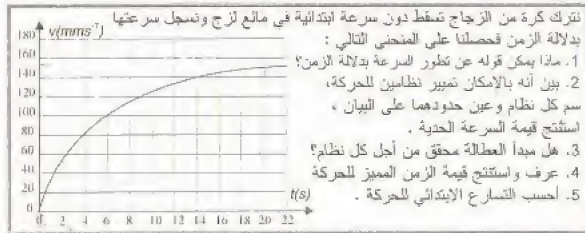
سرعة الإبدائي a_0 :
 اللحظة $t=0$: $f(v=0)=0$ و $t=0$: $f(v=0)=0$

المعادلة التفاضلية (1)

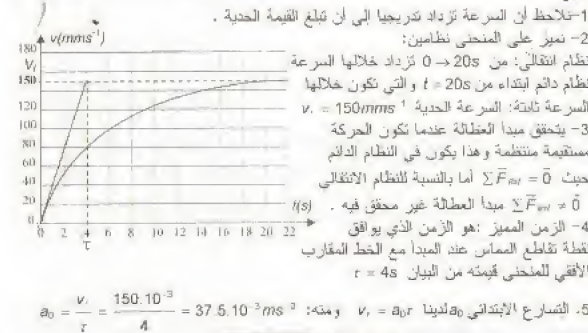
$\frac{dv}{dt} = \left(\frac{m-m_0}{m} \right) g = a_0$

من المميز للحركة : يرسم المماس للمنحى في المبدأ يمثل $v = a_0 t$ ويكتب $v = a_0 t$ يقطع الخط

تطبيق



الحل



2. المسقود الحر الشاقولي لجسم

1.2. تعريف السقوط الحر

من المعادلة التفاضلية لحركة سقوط جسم في مائع (هواء أو سائل) $m \frac{dv}{dt} = mg - f(v)$ إذا كان المائع هواء وكانت دافعة أرخميدس وقوة الاحتكاك مهمتين أمام قوة الثقل تأخذ المعادلة

$$m \frac{dv}{dt} = mg$$

أي أن الجسم يخضع لقوة ثقله فقط ندعو هذه الحالة بالسقوط الحر للجسم.

2.2. المعادلة التفاضلية للحركة:

نرافق بحركة الجسم الذي يسقط سقوطا حرا معلما

عاليها $(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$ حيث (O, \vec{k}) شاقولي موجه نحو الأعلى.

بتطبيق القانون الثاني لنيوتن على مركز عطالة الجسم: $\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{g}$

$$\frac{dv_z}{dt} = -g \text{ ومنه } \begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = 0 \\ a_z = -g \end{cases} \text{ ومنه: } m\vec{a} = m\vec{g} \rightarrow \vec{a} = \vec{g}$$

3. حلول المعادلة التفاضلية

إحداثيات شعاع السرعة:

$$\text{معادلة التفاضلية } \frac{dv_z}{dt} = -g \text{ حل هو: } v_z(t) = gt + v_{0z}$$

ث v_{0z} السرعة الابتدائية للجسم

$v_z(t)$ دالة تاليفية في الزمن تمثل بيانيا بخط مستقيم معامل توجيهه (ميله) هو g

$v_{0z} > 0$ قذف شاقولي نحو الأعلى

$v_{0z} < 0$ قذف شاقولي نحو الأسفل

إحداثيات شعاع السرعة

$$\begin{cases} v_x = 0 \\ v_y = 0 \\ v_z = -gt + v_{0z} \end{cases}$$

ملاحظات الزمنية للحركة:

$$v_z(t) = \frac{dz}{dt} \text{ ومنه } \frac{dz}{dt} = -gt + v_{0z} \text{ معادلة تفاضلية تعطي حلا من الشكل:}$$

$$Z = -\frac{1}{2}gt^2 + v_{0z}t + Z_0$$

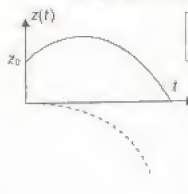
يمثل القيمة الابتدائية لـ Z (الفاصلة الابتدائية)

ير $Z(t)$ بدلالة الزمن هو جزء من قطع مكافئ

نحو الأعلى

نحو الأسفل

$$\text{كان: } Z_0 = 0 \text{ و } v_{0z} = 0 \text{ فإن: } Z = -\frac{1}{2}gt^2$$



$$\begin{aligned} \text{ملاحظات المتحرك في المعلم } (O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k}): \\ \overrightarrow{OM}(t) \begin{cases} x = 0 \\ y = 0 \\ z = -\frac{1}{2}gt^2 + v_{0z}t + Z_0 \end{cases} \end{aligned}$$

تمارين

1.

بصحيح أو خطأ،

تؤثر دافعة أرخميدس على جسم مغمر كلياً في نفس المائع نستنتج بأن هذه القوة تساوي

ثقل المائع المزاح.

قيمة شعاع التسارع الأرضي لمركز عطالة كرة حديدية كتلتها $m = 1 \text{ kg}$ هي نفسها لكرة

من الزجاج كتلتها $m = 30 \text{ g}$.

بمسار لهم نفس الحجم مغمران كلياً في نفس المائع تكون دافعة أرخميدس أكبر بالنسبة

لحظة الوصول إلى أقصى ارتفاع : عند أقصى ارتفاع $v = 0$
 $0 = -10t + 20 \rightarrow t = 2s$

سرعة الجسم في اللحظة $t = 3s$: $v(3) = -10(3) + 20 = -10ms^{-1}$

نتائج : الإشارة (-) تدل على أن اتجاه حركة الكرة يعكس اتجاه المحور $(O\vec{K})$

d - في حالة السقوط الحر لكرة حديدية في الغليسيرين التسارع الابتدائي للكرة معطوم.
 e - نقذف جسماً شاقولياً نحو الأعلى بسرعة ابتدائية v_0 في نموذج سقوط الحر الابتدائي الشاقولي على (O, \vec{K}) الموجه نحو الأعلى عبرته من الشكل $v_z = gt + v_0$
 الحل
 a - صحيح ، b - صحيح ، c - خطأ ، d - خطأ ، e - خطأ

تمرين 2 QCM

يوافق كل سؤال إجابة أو عدة إجابة صحيحة أو لا إجابة صحيحة

1 - يكون في النظام الدائم (المقارب) للسقوط الشاقولي لجسم في المائع

a - شعاع السرعة لمركز عطالة الجسم ثابت

b - شعاع التسارع ثابت وغير معطوم

c - المجموع الشعاعي للقوى الخارجية (المحصلة) المؤثرة على الجسم معطومة

2 - يقذف جسم نحو الأعلى وفق المحور (O, \vec{K}) الموجه نحو الأعلى

v_z إحداثي شعاع سرعة

مركز عطالة الجسم G و z

إحداثي G ولكن المنحنيات

الأربعة التالية:

a - v_z تمثل بالمنحنى a, c, d, b

b - z تمثل بالمنحنى a, c, d, b

3 - نعتبر السقوط الشاقولي لكرة الطاولة في الهواء ، تكون v_z السرعة الحدية وقوة احتكاك

الهواء بالكرة تساوي kv^2 ، بإهمال دافعة أرخميدس فإن الثابت k يساوي

a - m/v^2 b - mg/v^2 c - g/v^2 حيث m كتلة الكرة.

4 - كرة الطاولة حجمها V وكتلتها m نقيها معطومة في الماء ، كتلتها الحجمية ρ ، نترك

الكرة تصعد إلى سطح الماء. عند لحظة ترك الكرة فإن تسارع مركز عطالتها هو :

a - g b - $g - \rho Vg/m$ c - $(m - \rho V)g/m$ d - $(m - \rho V)g/m - e$

الحل

a (1) ، b (2) ، صحيحين ، c (3) ، z تمثل بالمنحنى c

a (1) ، b (2) ، صحيحين ، c (3) ، z تمثل بالمنحنى c

تمرين 3

يقذف جسم نحو الأعلى بسرعة $20ms^{-1}$ عند $t = 0$. بإهمال تأثير الهواء .

1 - أحسب سرعة الجسم بعد $1s$. 2 - أحسب لحظة الوصول إلى أقصى ارتفاع

3 - أحسب سرعة الجسم في اللحظة $t = 3s$. الاستنتاج : $g = 10ms^{-2}$

الحل

1 - بتطبيق القانون الثاني لنيوتن : $\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a}$ بالأسقاط على $(O\vec{K})$ الموجه نحو الأعلى :

$m\vec{a} = -mg$ ومنه : $a = -g$ معادلة تفاضلية حلها يكون من الشكل :

$v = -gt + v_0$ عند $t = 0$ فإن $v = v_0 = 20m/s$

ومن المعادلة الزمنية : $-10t + 20 = 0$ عند $t = 2s$

عند $t = 1s$ فإن : $v(1) = -10(1) + 20 = 10ms^{-1}$

عند $t = 3s$ فإن : $v(3) = -10(3) + 20 = -10ms^{-1}$

أنت الكتلة الحجمية للزيت $888kg/m^3$ 2 - إذا كانت كتلة الكرة $261g$ أحسب
 أحسب قيمة دافعة أرخميدس المؤثرة على التسارع الابتدائي لمركز عطالة الكرة أثناء
 نصف قطرها $r = 2cm$ معطومة في سقوطها دون سرعة ابتدائية.

حساب قيمة دافعة أرخميدس : دافعة أرخميدس تساوي ثقل السائل المزاح :

$$\Pi = \rho Vg = \frac{4}{3} \pi r^3 \rho g = 1.33 \times 3.14 \times (2 \times 10^{-2})^3 \times 888 \times 10 = 0$$

حساب التسارع الابتدائي : بتطبيق القانون الثاني لنيوتن :

$\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a}$ ومنه : $\vec{P} + \vec{\Pi} + \vec{F} = m\vec{a}$ بالأسقاط على $(O\vec{K})$

$$mg - \rho Vg - f(v) = ma = m \frac{dv}{dt} \text{ ومنه : } mg - \rho Vg - f(v) = m \frac{dv}{dt}$$

معادلة تفاضلية من الدرجة الأولى

$t = 0$ فإن : $v = 0$ ومنه : $f(v) = 0$ وبالتالي

$$\frac{dv}{dt} = a_0 = g - \frac{\rho Vg}{m} = 10 - \frac{0.3}{0.261} = 8.85$$

سرعة الحدية لكرة من الفولاذ تسقط في 1 - مثل شكل منحنى تغير السرعة $v(t)$.

القيمة $30cm/s$ وقيمة تسارعها 2 - عرف الزمن المميز للسقوط τ ، ماذا

يمثل فيزيائياً ؟

3 - أحسب قيمة τ

مثل شكل منحنى تغير السرعة $v(t)$:

عرف الزمن المميز للسقوط τ :

من الموافق لتقاطع المماس للمنحنى في

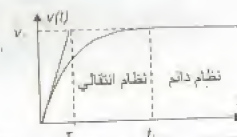
الخط المقارب

بأننا : يعطي رتبة مقدار المدة

لنظام الانتقالي

باب قيمة τ لدينا : $\tau = v_1 / a_0$ ومنه :

$$\tau = v_1 / a_0 = 0.3 / 8.97 = 3.34$$



عبرة حقل الجاذبية \vec{g} الناتج عن الأرض مركزها O نصف قطرها R ، كتلتها M ،

خطوة الوصول إلى أقصى ارتفاع : عند أقصى ارتفاع $v = 0$

$$0 = -10t + 20 \rightarrow t = 2s$$

سرعة الجسم في اللحظة $t = 3s$: $v(3) = -10(3) + 20 = -10ms^{-1}$

استنتاج : الإشارة (-) تدل على أن اتجاه حركة الكرة يعكس اتجاه المحور $(O\vec{K})$

بين 4

كانت الكتلة الحجمية للزيت $888kgm^{-3}$ 2 - إذا كانت كتلة الكرة 261g احسب

احسب قيمة دافعة أرخميدس المؤثرة على التسارع الابتدائي لمركز عطالة الكرة أثناء

نصف قطرها $r = 2cm$ مغرورة في سقوطها دون سرعة ابتدائية.

يت

ل

حساب قيمة دافعة أرخميدس : دافعة أرخميدس تساوي ثقل السائل المزاح :

$$\Pi = \rho Vg = \frac{4}{3} \pi r^3 \rho g = 1.33 \times 3.14 \times (2 \times 10^{-2})^3 \times 888 \times 10 = 0.3$$

حساب التسارع الابتدائي : بتطبيق القانون الثاني لنيوتن :

$$\sum \vec{F}_{ext} = m \vec{a} \text{ ومنه : } \vec{P} + \vec{\Pi} + \vec{f} = m \vec{a} \text{ بالسقوط على } (O\vec{K})$$

$$mg - \rho Vg - f(v) = ma = m \frac{dv}{dt} \text{ ومنه : } mg - \rho Vg - f(v) = m \frac{dv}{dt}$$

معادلة تفاضلية من الدرجة الأولى

$$\frac{dv}{dt} = g - \frac{\rho Vg}{m} - \frac{f(v)}{m}$$

فإن : $v = 0$ ومنه : $f(v) = 0$ وبمثابتي

$$\frac{dv}{dt} = a_0 = g - \frac{\rho Vg}{m} = 10 - \frac{0.3}{0.261} = 8.85ms^{-2}$$

بين 5

السرعة الحدية لكرة من الفولاذ تسقط في 1 - مثل شكل منحني تغير السرعة $v(t)$

ت القيمة $30cms^{-1}$ وقيمة تسارعها 2 - عرف الزمن المميز للسقوط τ ، ماذا

دائي $a_0 = 8.97ms^{-2}$

يمثل فيزيائيا ؟ 3 - احسب قيمة τ

تمثيل شكل منحني تغير السرعة $v(t)$:

تعريف الزمن المميز للسقوط τ :

الزمن الموافق لتقاطع المماس للمنحني في

مع الخط المقارب

فيزيائيا : يعطي رتبة مقدار المدة

تية للنظام الانتقالي

حساب قيمة τ : لدينا : $v_0 = a_0 \tau$ ومنه :

$$\tau = v_0 / a_0 = 0.3 / 8.97 = 3.34 \times 10^{-2}$$

بين 6

أعط عبارة حقل الجاذبية \vec{g} الناتج عن الأرض مركزها O نصف قطرها R_T كتلتها M_T في

تطوّر التحا، الميكانيكية

الحل

1 - تحديد جهة المحور (O, \vec{K}) : بما أن السرعة تتزايد فإن القفط يكون شاقوليا نحو الأسفل

2 - قيمة السرعة الابتدائية : من البيان الأول فإن : $v = 5.8ms^{-1}$

3 - حركة مركز العطالة G متسارعة : لأن بيان السرعة معادلته من الشكل : $v = at + v_0$: $a = \Delta v / \Delta t = (15.8 - 5.8) / (1 - 0) = 10ms^{-2}$ حساب قيمة التسارع :

b- يمكن اعتبار سقوط الكرة حرا لأن $a = g = 10m/s^2$

4 - المنحني الذي يوافق الإحداثي z هو المنحني A لأن المسافة المقطوعة عند اللحظة

$t = 1s$ تساوي 10.4m وتساوي المساحة المحصورة بين منحنى السرعة ومحور الزمن.

b- ب اختيار مبدأ (O, \vec{K}) عند $z = 0$.

تمرين 8

يمثل الشكل المقابل التصوير الفوتوغرافي لسقوط كرة في العليسرول

حيث الزمن الفاصل بين صورتين متتاليتين $t = 50ms$.

نحدد أوضاع مركز عطالة الكرة انطلاقا من المبدأ O

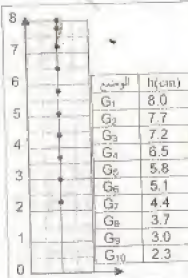
1 - إذا كانت v_0 هي سرعة مركز عطالة الكرة على المحور Oz

الموجه نحو الأسفل، أكمل الجدول التالي وارسم البيان $v(t)$:

الوضع	G_1	G_2	G_3	G_4	G_5	G_6	G_7	G_8	G_9	G_{10}
$v(m/s)$										

2- حدد النقاطين المتتاليتين المميزين لهذه الحركة

3- حدد السرعة الحدية v_0 للكرة.



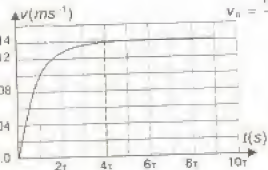
الحل

1- أكمل الجدول بتطبيق العلاقة : $v_n = \frac{h_{n-1} - h_{n-2}}{2\tau}$

$$v_{G5} = \frac{h_5 - h_4}{2\tau} = 0.14ms^{-1}$$

الوضع	G_1	G_2	G_3	G_4	G_5
$v(m/s)$	0	0.08	0.12	0.14	0.14

الوضع	G_6	G_7	G_8	G_9	G_{10}
$v(m/s)$	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14



2- من البيان نستنتج : النظام الانتقالي يبدأ من $t = 0$ إلى $t = 4\tau = 200ms$

النظام الدائم يبدأ من اللحظة : $t \geq 4\tau$. السرعة الحدية $v_0 = 0.14ms^{-1}$.

تمرين 9

تسقط كرة معدنية شاقوليا بسرعة ثابتة $v = 0.24ms^{-1}$ في العليسرول

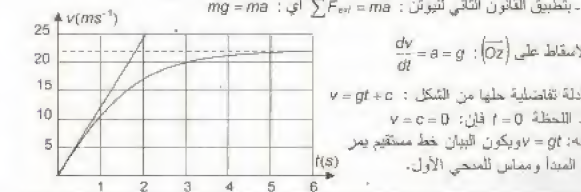
a- احسب قيمة دافعة أرخميدس $\vec{\Pi}$ المطبقة من طرف السائل على الكرة.

b- احسب معامل اللزوجة η للسائل.

إشارة: $3 = 1.7 \times 10^6 / 5.12 \times 10^7$ وبالتالي إجمال F أمام P/F
 - كتابة المعادلة التفاضلية المحققة لـ v :
 يبقى القانون الثاني لنيوتن على مركز عطلة القطرة:
 $\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a} \rightarrow \vec{P} + \vec{F} + \vec{\Pi} = m\vec{a}$
 إسقاط على \vec{Oz} الموجه نحو الأسفل:
 $mg - F = m \frac{dv}{dt} \rightarrow mg - 6\pi\eta Rv = m \frac{dv}{dt}$
 المعادلة التفاضلية المحققة لـ v :
 - عبارة v بقيمة السرعة الحدية: عند بلوغ النظام الدائم $dv/dt = 0$
 $0 = mg - 6\pi\eta Rv \rightarrow v = mg / 6\pi\eta R = 5.1 \times 10^{-6} / 1.7 \times 10^{-7} = 30 \text{ ms}^{-1}$
 $v_{\infty} = mg / 6\pi\eta Rv = 0$:
 كيفية تغير السرعة الحدية عندما يتضاعف قطر القطرة: لدينا: $R' = 2R$ ومنه:
 $v' = (4/3)\pi(2R)^2 = 8$ ومنه: $m' = 8m$ وتصبح سرعة القطرة:
 $v' = m'g / 6\pi\eta R' = 8mg / 6\pi\eta 2R = 4v_{\infty} = 120 \text{ ms}^{-1}$

ين II

كرة من النقطة O بدون سرعة ابتدائية في اللحظة $t_0 = 0$ ندرس حركتها في المعلم
 $\vec{Ox}, \vec{Oy}, \vec{Oz}$ المحاور (\vec{Oz}) موجه نحو الأسفل، الشكل المقابل يمثل تغيرات سرعة مركز عطلة
 القطرة بدلالة الزمن
 - أرس على نفس الشكل البيان الذي نحصل
 به إذا كانت الكرة تسقط سقوطاً حراً.
 أثبت أن دافعة أرخميدس مهملة أما ثقل الكرة
 - علاقة قوة الاحتكاك هي: $F = \frac{C_s \rho_a S v^2}{2}$
 المعادلة التفاضلية المحققة لـ v
 - استنتج من المعادلة التفاضلية
 قيمة v_{∞} قيمة السرعة الحدية للكرة
 - كرتان لهما نفس الحجم لكن كتلتاهما مختلفتين هل تبلغان نفس السرعة الحدية ؟
 كان الجواب بالنفي ما هي الكرة التي تكون سرعتها الحدية أكبر؟
 معطيات: الكتلة الحجمية للهواء $\rho_a = 1.3 \text{ kgm}^{-3}$ ، كتلة الكرة $m = 5.8 \text{ g}$ ، نصف قطر الكرة
 $R = 3.4 \text{ cm}$ مقطع الكرة $S = \pi R^2$ ، معامل شكل الكرة $C_s = 0.44$ ، $g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$



المعطيات بقوة الاحتكاك المطبقة من طرف السائل $\vec{F} = 6\pi\eta Rv$

الكتلة الحجمية للغليسول $\rho_g = 1.3 \times 10^3 \text{ kgm}^{-3}$
 كتلة الكرة $m = 4.1 \text{ g}$ ، نصف قطرها $R = 5 \text{ mm}$ وحجمها $V = 5.2 \times 10^{-7} \text{ m}^3$ ، $g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$

الحل

a - حساب قيمة دافعة أرخميدس: $\Pi = \rho V g = 1.3 \times 10^3 \times 5.2 \times 10^{-7} \times 9.8 = 6.8 \times 10^{-3} \text{ N}$

b - حساب معامل اللزوجة η

بما أن حركة الكرة مستقيمة منتظمة تطبيق القانون الأول لنيوتن

$$\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0} \rightarrow \vec{P} + \vec{F} + \vec{\Pi} = \vec{0}$$

بالإسقاط على (Oz) الموجه نحو الأسفل $mg - 6\pi\eta Rv - \Pi = 0$

$$mg - \rho V g = 4.1 \times 10^{-3} \times 9.8 - 1.3 \times 10^3 \times 5.2 \times 10^{-7} \times 9.8$$

$$\eta = \frac{mg - \rho V g}{6\pi R v} = \frac{4.1 \times 10^{-3} \times 9.8 - 1.3 \times 10^3 \times 5.2 \times 10^{-7} \times 9.8}{6 \times 3.14 \times 5 \times 10^{-3} \times 0.24} = 1.5 \text{ kgs}^{-1} \text{ m}^{-1}$$

تمرين 10

ندرس في الهواء سقوط قطرة ماء ذات شكل كروي.

1 - احسب كتلة و ثقل القطرة

2 - احسب قيمة دافعة أرخميدس Π المطبقة من طرف الهواء على القطرة وقارنها مع ثقل القطرة الاستنتاج.

3 - يؤثر الهواء بقوة احتكاك على القطرة عبرانها $\vec{F} = -kv$

احسب قيمة هذه القوة من أجل $v = 10 \text{ ms}^{-1}$ ، هل يمكن إجمال هذه القوة أمام ثقل القطرة ؟

4 - نسمي القيمة الجبرية لشعاع السرعة v وفق المحاور الشاقولي

(Oz) للموجه نحو الأسفل اكتب المعادلة التفاضلية المحققة لـ v .

5 - استنتج من هذه المعادلة التفاضلية علاقة بقيمة السرعة الحدية v_{∞} للقطرة، عندما يتم بلوغ النظام المقارب.

6 - كيف تتغير السرعة الحدية عندما يتضاعف قطر القطرة ؟

المعطيات: $\rho_{\text{eau}} = 10^3 \text{ kgm}^{-3}$ ، $\rho_{\text{air}} = 1.3 \text{ kgm}^{-3}$ ، $\rho_{\text{eau}} = 1.8 \times 10^5 \text{ kgs}^{-1} \text{ m}^{-1}$

معامل احتكاك القطرة بالهواء $k = 6\pi\eta R$ ، نصف قطر القطرة: $R = 0.5 \text{ mm}$

و $g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$

الحل

1 - حساب كتلة و ثقل القطرة: لدينا:

$$m = \rho V = \rho \frac{4}{3} \pi R^3 = 10^3 \times 1.33 \times 3.14 (0.5 \times 10^{-3})^3 = 5.2 \times 10^{-7} \text{ kg}$$

$$P = mg = 5.2 \times 10^{-7} \times 9.8 = 5.12 \times 10^{-6} \text{ N}$$

$$\Pi = \rho_{\text{eau}} \times V g = \frac{4}{3} \pi R^3 \rho_{\text{eau}} g = 6.7 \times 10^{-5} \text{ N}$$

المقارنة: $P / \Pi = 5.12 \times 10^{-6} / 6.7 \times 10^{-5} = 761$

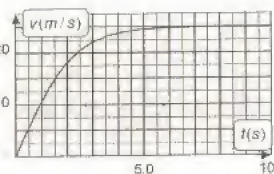
وبالتالي يمكن إجمال دافعة أرخميدس أمام قوة الثقل.

3 - حساب قوة احتكاك F ومقارنتها بقوة الثقل:

$$F = 6\pi\eta Rv = 6 \times 3.14 \times 1.8 \times 10^5 \times 5 \times 10^{-6} \times 10 = 1.7 \times 10^{-6} \text{ N}$$

1- نهمل دافعة أرخميدس:

2- أوجد المعادلة التفاضلية للحركة. بين أنه يمكن كتابتها على الشكل: $\frac{dv}{dt} = A - Bv^2$



3- أعط العبارة الحرفية للسرعة الحدية التي

أعياها قطعة البرد وذلك بدلالة A و B ثم احسب

بميتها العتدية علما أن: $B = 1.56 \times 10^{-5} \text{ SI}$

4- أعط منحنى تغير السرعة بدلالة الزمن

وفق البيان، أوجد بيانيا قيمة السرعة التي

حسابها في الفترة السابقة

5- حدد الزمن المميز للحركة

6- استنتج قيمة التسارع الابتدائي للحركة.

الحل:

1- السقوط الحر:

2- المعادلات الزمنية: بتطبيق القانون الثاني لنيوتن: $\sum F_{ext} = m\vec{a}$ أي: $m\vec{g} = m\vec{a}$

3- لاسقاط على (Oz) : $dv/dt = g = g$ معادلة تفاضلية حلتها من الشكل: $v = gt + c$

4- عند اللحظة $t = 0$ فإن: $v = c = 0$ ومنه: $v = gt$ ومعادلة المسافة: $z = \frac{1}{2}gt^2 + v_0t + z_0$

5- الشروط الابتدائية: عند اللحظة $t = 0$ فإن: $v_0 = 0$, $z_0 = 0$ ومنه: $z = \frac{1}{2}gt^2$

6- من العلاقات $v = gt$ و $z = \frac{1}{2}gt^2$ فإن: $v^2 = 2gz$

$v^2 = 2gz \rightarrow v = \sqrt{2gz} = \sqrt{2 \times 9.8 \times 1500} = 171.4 \text{ m/s} = 617.3 \text{ km/h}$

7- هذه النتيجة غير مقبولة لأنها أكبر بكثير من القيمة المعتادة في النص وهي 160 km/h

8- منه فإن نموذج السقوط الحر غير صالح في هذه الحالة.

9- السقوط الحقيقي:

10- لتحديد بعد وحدة المعامل k: لدينا: $f = kv^2$ ومنه: $k = \frac{f}{v^2}$

kg/m إذن وحدة K هي $\frac{[f]}{[v^2]} = \frac{[ma]}{[v^2]} = \frac{[MLT^{-2}]}{[L^2T^{-2}]} = \frac{[M]}{[L]}$

11- عبارة دافعة أرخميدس: $\Pi = \rho_p Vg = \frac{4}{3}\pi R^3 \rho_p g$

12- بنيتها: $\Pi = \rho_p Vg = \frac{4}{3}\pi R^3 \rho_p g = 1.33 \times 3.14 (1.5 \times 10^{-2})^3 \times 1.3 \times 9.8 = 1.8 \times 10^{-4} \text{ N}$

13- حبة البرد: $P = mg = 13 \times 10^{-3} \times 9.8 = 0.1274 \text{ N}$

14- مقارنة $\frac{P}{\Pi} = 0.1274 / 1.8 \times 10^{-4} = 708$

15- $P \gg \Pi$ نستنتج أن Π مهمة أمام P

المعادلة التفاضلية للحركة:

16- أثبت أن دافعة أرخميدس مهمة أمام ثقل

الكرة: لدينا: $P = mg = 0.058 \times 9.8 = 0.57 \text{ N}$

$\Pi = \rho_p Vg = \frac{4}{3}\pi R^3 \rho_p g = 1.33 \times 3.14 (3.4 \times 10^{-2})^3 \times 1.3 \times 9.8 = 2.1 \times 10^{-3} \text{ N}$

17- $p \gg \Pi$ إذن دافعة أرخميدس مهمة أمام قوة الثقل.

18- كتابة المعادلة التفاضلية المحققة لـ v: بتطبيق المبدأ الثاني لنيوتن:

$\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a}$ أي: $\vec{P} + \vec{F} = m\vec{a}$ بالاسقاط على (Oz) :

$g - \frac{C_p \rho_p S}{2m} v^2 = \frac{dv}{dt}$ ومنه: $mg - F = ma \rightarrow mg - \frac{C_p \rho_p S}{2} v^2 = m \frac{dv}{dt}$

وهي المعادلة التفاضلية المحققة لـ v.

19- استنتاج علاقة ثم v. وحساب قيمتها: عند بلوغ النظام الدائم فإن $dv/dt = 0$ ومنه:

20- ومنه: $v_1 = \sqrt{\frac{2gm}{C_p \rho_p S}}$ وقيمتها:

$v_1 = \sqrt{\frac{2gm}{C_p \rho_p S}} = \sqrt{\frac{2 \times 9.8 \times 0.058}{0.44 \times 1.3 \times 3.14 (3.4 \times 10^{-2})^2}} \approx 23.4 \text{ ms}^{-1}$

21- الكرات المختلفتان في الكتلة لا تبلغان نفس السرعة الحدية v_1 لأنها تتناسب طرذا مع \sqrt{m}

لذا فالكرة التي تكون كتلتها أكبر تكون لها سرعة حدية أكبر.

تمرين 12

يتكون البرد في السحاب المسمى (ركام - مكثف) والذي يقع بين الارتفاعين

10000m و 1000m

حيث درجة الحرارة منخفضة، تصل إلى 40°C .

تسقط حبة البرد عندما لا تستطيع البقاء في السحاب، عند وصولها إلى الأرض يمكن لسرعتها أن

تصل إلى 160 km/h ندرس حبة برد كتلتها $13g$ والتي تسقط بدون سرعة ابتدائية من نقطة

ارتفاعها 1500 m يمكن اعتبار قطعة البرد كرة قطرها 3.0 cm .

نأخذ النقطة O كمبدأ المحور Oz الموجب نحو الأسفل.

نعتبر أن قيمة الجاذبية الأرضية ثابتة وتساوي $g_0 = 9.8 \text{ ms}^{-2}$

المعطيات: عبارة حجم الكرة: $V = \frac{4}{3}\pi r^3$ ، الكتلة الحجمية للهواء: $\rho = 1.3 \text{ kgm}^{-3}$

1 - السقوط الحر:

نعتبر أن البرد يسقط سقوطا حرا.

a- بتطبيق القانون الثاني لنيوتن حدد المعادلات الزمنية التي تعطي سرعة مركز العطلة G

حبة البرد بدلالة مدة السقوط t.

b- أحسب قيمة السرعة عند وصول حبة البرد إلى الأرض. هل يمكن أن تكون هذه النتيجة

مقبولة؟ برر إجاباتك.

2 - السقوط الحقيقي:

في الحقيقة تخضع حبة البرد لقوتين، دافعة أرخميدس \vec{F} وقوة احتكاك المائع \vec{f} المتناسبة مع

مربع السرعة بحيث: $f = kv^2$.

a- باستعمال تحليل الأبعاد، حدد وحدة المعامل k في النظام الدولي.

b- أعط عبارة قيمة دافعة أرخميدس ثم احسب قيمتها وقارنها مع قيمة الثقل. ماذا تستنتج؟

تمرين 1

اختر الإجابة أو الإجابات الصحيحة و صحح الخاطئة :

- 1 - شعاع سمارح مركز عطالة متحرك يسقط سقوطا حرا.
- a - لا يتعلق بالشروط بالابتدائية b - يتعلق بكتلة القذيفة c - شاقولي في جميع نقاط المسار.
- 2 - عندما يذوق جسم نحو الأعلى فيحدث أقصى ارتفاع :
- a - شعاع التسارع g معلوم b - شعاع السرعة معلوم
- c - المركبة v_x شعاع السرعة معلومة d - المركبة v_y معلومة .
- 3- إذا كان (a, \vec{k}) شاقولي متجه نحو الأسفل والجسم متوقف نحو الأعلى فإن مركبة شعاع السرعة v_y
- a - $gt + v_0 \sin \alpha$ b - $gt + v_0 \sin \alpha$ c - $-gt + v_0 \sin \alpha$ d - $gt - v_0 \sin \alpha$
- 4 - أثناء السقوط الحر للجسم المتوقف نحو الأعلى بسرعة مأللة :
- a - شعاع التسارع ثابت b - مسقط حركة القذيفة على المحور ox متغير بانتظام
- c - المعادلة الزمنية للحركة هي $z = f(x)$.
- d - المركبة v_x لشعاع السرعة ثابتة وتساوي $v_0 \sin \alpha$

الحل :

$$a \leftarrow -4, a \leftarrow -3, c \leftarrow -2, c \leftarrow -1$$

تمرين 2 :

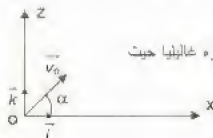
تذف جسما بسرعة ابتدائية $v_0 = 12.5 \text{ ms}^{-1}$ بزاوية $\alpha = 33.3^\circ$ حذف

- 1 - احسب مركبتي شعاع السرعة v_x, v_y في علم يطلب تحديده .
2. ما هي إحداثيات شعاع التسارع في اللحظة $t = 0$ وفي اللحظة t ؟
3. أوجد معادلة مسار الجسم يعطي $g = 10 \text{ ms}^{-2}$

الحل :

1. مركبة شعاع السرعة :

ليكن المعلم $(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$ مرتبط بالمرجع الأرضي الذي نعتبره غاليليا حيث الشعاع \vec{k} شاقولي موجه نحو الأعلى.



$$v_x = v_0 \cos \alpha = 12.5 \times 0.74 = 10.44 \text{ ms}^{-1}$$

$$v_y \sin \alpha = 12.5 \times 0.55 = 6.86 \text{ ms}^{-1}$$

2. إحداثيات شعاع التسارع في اللحظة $t = 0$:

باعتبار أن الجسم المتوقف يخضع فقط لتأثير قوة ثقله .

$$\sum \vec{F}_{ext} = m \vec{a}_0 \rightarrow m \vec{g} = m \vec{a}_0 \rightarrow \vec{a}_0 = \vec{g}$$

ومنه : مركبة شعاع التسارع في كل لحظة.

3. إيجاد معادلة المسار : إن الدوال الأصلية لمركبات شعاع التسارع تعطي مركبات شعاع

$$v_x = v_0 \cos \alpha = 10.44 \text{ ms}^{-1}$$

$$v_y = -gt + v_0 \sin \alpha = -10t + 6.86$$

و الدوال الأصلية لمركبات شعاع السرعة تعطي مركبات شعاع التسارع أو

$$OG(t) \begin{cases} x(t) = v_0 \cos \alpha t + x_0 = 10.44t \dots \dots (1) \\ z(t) = \frac{1}{2} g t^2 + v_0 \sin \alpha t + z_0 = -5t^2 + 6.86t \dots (2) \end{cases}$$

معادلات الزمنية للحركة

$$z(x) = -5 \frac{x^2}{v_0^2 \cos^2 \alpha} + x \tan \alpha = -0.046x^2 + 0.66x$$

تمرين 3

على المعادلات الزمنية لحركة قذيفة في المعلم $(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$: $x = 5(\cos 50^\circ)t$ و $y = 0$ و

$$z = -4.9t^2 + 5(\sin 50^\circ)t + 3$$

عبر عن مركبات شعاع السرعة بدلالة الزمن.

2 - حدد مركبات شعاع الموضع والسرعة في اللحظة $t = 0$.

3 - في أية لحظة يصبح شعاع السرعة أفقيا ؟

4 - احسب قيمة شعاع سرعة القذيفة في اللحظة $t = 0.5 \text{ s}$.

5 - ما هو أقصى ارتفاع تبلغه مركز عطالة القذيفة ؟

6 - احسب فاصلة نقطة سقوط القذيفة على الأرض $z = 0$

الحل :

$$v_x = dx/dt = 5 \cos 50^\circ = 3.2 \text{ ms}^{-1}$$

$$v_y = dy/dt = 0$$

1 - مركبات شعاع السرعة بدلالة الزمن :

$$v_z = dz/dt = -9.8t + 5 \sin 50^\circ = -9.8t + 3.83$$

2 - مميزات شعاعي الموضع وشعاع السرعة عند اللحظة $t = 0$

$$\begin{cases} x = x_0 = 0 \\ y_0 = 0 \\ z_0 = 3 \end{cases} \quad \begin{cases} v_{0x} = 5 \cos 50^\circ = 3.2 \text{ ms}^{-1} \\ v_{0y} = dy/dt = 0 \\ v_{0z} = dz/dt = 5 \sin 50^\circ = 3.83 \end{cases}$$

لما $t = 0$ فإن :

$$\vec{OG}_0 \begin{cases} x = x_0 = 0 \\ y_0 = 0 \\ z_0 = 3 \end{cases}$$

3 - اللحظة التي يكون فيها شعاع السرعة أفقيا : لدينا في كل لحظة

$$v_z = 0 \rightarrow -9.8t + 3.83 = 0 \rightarrow t = 0.39 \text{ s}$$

ومنه : $t = 0.39 \text{ s}$

$$\vec{v}(t) = (5 \cos 50^\circ) \vec{i} + (-9.8t + 5 \sin 50^\circ) \vec{k} \quad t = 0.5 \text{ s}$$

$$\vec{v}(0.5) = (3.2) \vec{i} + (-4.9 + 3.83) \vec{k} = 3.2 \vec{i} + 1.07 \vec{k}$$

$$v(0.5) = \sqrt{(3.2)^2 + (1.07)^2} = \sqrt{10.24 + 1.14} = 3.37 \text{ ms}^{-1}$$

5 - حساب أقصى ارتفاع تصله القذيفة :

لدينا: اللحظة الموافقة لأقصى ارتفاع $t = 0.39 \text{ s}$ وبالتعويض في

$$z = -4.9(0.39)^2 + 5 \sin 50^\circ \cdot 0.39 + 3 = 3.9 \text{ m}$$

6 - حساب فاصلة نقطة سقوط القذيفة على الأرض :

$$z = 0 \rightarrow -4.9t^2 + 5 \sin 50^\circ t + 3 = 0$$

عند ملامسة القذيفة للأرض فإن $z = 0$ ومنه :

$$x = 5 \cos 50^\circ \cdot 1.3 = 4.1 \text{ m} \quad \text{فإن } t_2 = 1.3 \text{ s} \text{ وبالتعويض في عبارة } x$$

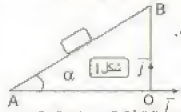
تمرين 4

يقذف جسم صلب كتلته $m = 500 \text{ g}$ مركز عطالته G نحو الأعلى على مسو مائل على الأرض

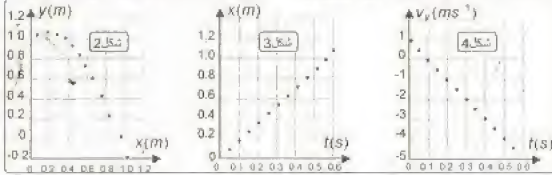
بزاوية $\alpha = 30^\circ$ الجسم عند النقطة A بملك طاقة حركية تساوي 26 جول المستوي المائل

تطور الجمل الميكانيكية

10N f = . AB = L = 2m يخضع الجسم أثناء حركته لقوة احتكاك معاكسة للحركة قيمتها



1 - مثل على الشكل القوى المطبقة على الجسم .
2 - أعط عبارة عمل كل قوة على المسار AB واحسب قيمته .
3 - تأكد من أن الجسم يغادر النقطة B بسرعة 2m/s .
4 - احسب قيمة التسارع على طول المسار AB .
5 - احسب زمن قطع المسافة AB .
II - يقوم الجسم بحركة منحنية عندما يغادر المستوي المائل عند النقطة B ، بإهمال قوة احتكاك الهواء ، يسمح تمييز مناسب بالحصول على التسجيلات التالية لمركز عطالة الجسم باعتبار نفس المعلم السابق ، و أيضا على معادلة الحركة $y(t) = -0.5gt^2 + v_{By} \sin \alpha + L \sin \alpha$

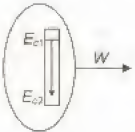


1 - a - ما هي الوثيقة التي تبين أن الحركة تتم على المحور الأفقي بدون تسارع ؟
b - احسب انطلاقا من هذه الوثيقة المركبة v_x لتسارع السرعة وفق (Ox) .
c - احسب v_x انطلاقا من قيمة السرعة المحسوبة في 1 - 3 هل النتيجة متوافقتان ؟
2 - احسب الارتفاع الذي يصل إليه الجسم عند اللحظة $t = 0.1s$.
حدد النقطة من المسار التي يتواجد فيها المتحرك في هذه اللحظة .
3 - كيف تبين أن المستقيم في الشكل (3) يؤكد أن حركة الجسم هي سقوط حر ؟ $g = 10ms^{-2}$

الحل :



1 - 1 - القوى المؤثرة على الجسم مبنية في الشكل التالي :
2 - عمل القوى المطبقة على الجسم
- عمل قوة الثقل : $W_{A \rightarrow B}(\vec{P}) = -mgh = -mgAB \sin \alpha = -5J$
و هو عمل مقاوم
- عمل قوة الاحتكاك : $W_{A \rightarrow B}(\vec{f}) = -f \cdot AB = -20J$
عمل قوة رد الفعل : $W_{A \rightarrow B}(\vec{R}_A) = 0$ لأن $\vec{W}_{A \rightarrow B}(\vec{P}) \perp \vec{AB}$
3 - التأكد من أن $v_B = 2ms^{-1}$:
بتطبيق العلاقة الطاقة الأبتدائية- العمل والطاقة النهائية ،
 $E_{CA} + W = E_{CB} \Rightarrow E_{CB} = E_{CA} + W(\vec{F}) \Rightarrow$
 $\frac{1}{2}mv_B^2 = E_C + W(\vec{F}) \Rightarrow v_B^2 = \frac{2E_C}{m} + 2W(\vec{F})/m =$
 $\frac{2 \times 26}{0.5} - \frac{2 \times 25}{0.5} = 104 - 100 = 4 \Rightarrow v_B = 2ms^{-1}$



4 - احسب قيمة التسارع : بتطبيق القانون الثاني لنيوتن في مرجع مرتبط بالأرض نعتبره غاليليا .

$$-mg \sin \alpha - f = ma_x \rightarrow a_x = -g \sin \alpha - \frac{f}{m} = -10 \times 0.5 - 10/0.5 = -25m/s^2$$

$$- \text{حساب زمن قطع AB : } a_x = -g \sin \alpha - \frac{f}{m} \rightarrow \frac{dv_x}{dt} = -g \sin \alpha - \frac{f}{m}$$

$$: \text{فإن } t = 0 \text{ عند } v_x = (-g \sin \alpha - \frac{f}{m})t + v_0 \rightarrow v_x = -25t + v_0$$

$$v_x = -25t + 10.2 \text{ ومنه : } v_x = v_{0x} = \sqrt{\frac{2E_C}{m}} = \sqrt{\frac{52}{0.5}} = \sqrt{104} = 10.2m/s$$

ما يصل الجسم إلى B فإن : $v_{0B} = 2ms^{-1}$ ومنه :

$$2 = -25t + 10.2 \rightarrow t_B = 8.2/25 = 0.32s$$

1 - a - الوثيقة التي تبين أن الحركة تتم على المحور الأفقي دون تسارع هي : الشكل 3

$$a_x = 0 \leftarrow v_x = cte$$

$$v_x = \Delta x / \Delta t = 1.05/0.6 = 1.75ms^{-1} : v_x$$

حساب v_x انطلاقا من قيمة السرعة المحسوبة في 1 - 3 :

$$1 : v_x = v_B \cos \alpha = 2 \cos 30 = 1.73ms^{-1}$$

- حساب الارتفاع الذي يصل إليه الجسم عند اللحظة $t = 0.1s$: من الشكلين (2) ، (3) فإنه :

$$S(0.18, 1.05)m \text{ والنقطة هي } y = 1.05m \text{ ومنه : } x = 0.18m \text{ فإن } t = 0.1s$$

الشكل (4) يؤكد أن حركة الجسم هي سقوط حر لأن : البيان معادلته : $v_y = a_y t + 1$ حيث a_y ، المستقيم : $-g = -10ms^{-2} = \Delta v_y / \Delta t = -1/0.1 = -10ms^{-2}$ ، فالسقوط حرا .

5 ين

قذيفة كتلتها $m = 500g$ من سطح الأرض بعيد بـ $150m$ من نقطة القذف .

a - احسب $\sin 2\alpha$.

b - استنتج زاويتي القذف (α_1, α_2) اللتين تمكنانه الوصول إلى هذا الهدف . و احسب

$$a_1 + \alpha_2$$

b - يقع حاجز ارتفاعه $10m$ على بعد $30m$ من المعلم $K(O, \vec{i}, \vec{j})$ شقوقه متجه نحو الأعلى . احسب v_0 .

c - القاذف يرغب في وصول قذيفته إلى

a - فستحتاج معادلة المسار :

يبقى القانون الثاني لنيوتن : $\vec{a} = \vec{g} \Rightarrow m\vec{a} = m\vec{g} \Rightarrow \Sigma \vec{F}_{ext} = m\vec{a}$ بالإسراع على

$$\left\{ \begin{array}{l} x_0 = 0 \\ y_0 = 0 \\ z_0 = 0 \end{array} \right. \text{ و } \left\{ \begin{array}{l} a_x = 0 \\ a_y = 0 \\ a_z = -g \end{array} \right. \text{ فإن : } \vec{OG}_G$$

$$\left\{ \begin{array}{l} v_x = v_0 \cos \alpha \\ v_y = 0 \\ v_z = -10t + v_0 \sin \alpha \end{array} \right. \text{ ومنه : } \left\{ \begin{array}{l} v_{0x} = v_0 \cos \alpha \\ v_{0y} = 0 \\ v_{0z} = v_0 \sin \alpha \end{array} \right.$$

مسألة نقطة السقوط هي $x = v_0 \sqrt{\frac{2H}{g}}$ ننكر أنه في اللحظة $t = 0$ تكون القذيفة في النقطة O

المعلم

بكالوريا 2004 أمريكا الجنوبية

مل:

إشارات 1: صحيح، لأن المقومات الراجعة للهواء مهمة أي دافعة أرخميدس ومقاومة احتكاك القذيفة تخضع لقوة التقل فقط فيطبق القانون الثاني لنيوتن فإن:

إشارات 2: خطأ، الحركة ليست منتظمة لأن $a = -g + cte$ ، $\Sigma F_{ex} = m\vec{a} = m\vec{g} \rightarrow \vec{a} =$

$$\begin{cases} \vec{a}_x = 0 \\ \vec{a}_z = -g \end{cases}$$

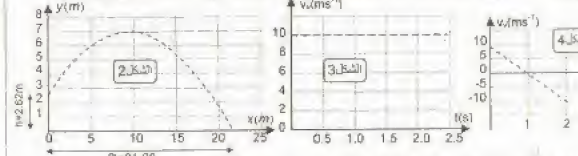
إشارات 3: خطأ، لأنه عندما تأخذ $\alpha = 90^\circ$ يكون المسار مستقيما (OZ).

إشارات 4: صحيح لأن \vec{v}_0 أفقي، $x = v_0 t$ ، $y = \frac{1}{2} g t^2$ ، $y = \frac{1}{2} g \frac{x^2}{v_0^2}$ حيث: $\leftarrow y = H$ $x = v_0 \sqrt{\frac{2H}{g}}$

9.ين

لعبة رمي الكرة: يمكن لأحد من تحطيم الرقم القياسي العالمي فيها مسافة $D = 21.69m$ ، وتسهيل الدراسة نعتبر حركة مركز الكرة فقط، أراد مدرب لأحد منافس دراسة هذه اللعبة ثم توارد لديه المعلومات التالية: تم قذف الكرة من ارتفاع $h = 2.62m$ بسرعة ابتدائية $v_0 = 13.7ms^{-1}$

تأخذ مع الأفقي زاوية $\alpha = 43^\circ$. يتم الدراسة في معلم (O, x, y) ممثل بالشكل (الشكل 1) بواسطة تجهيز مناسب تمت محاكاة القذف وتم الحصول على المنحنيات التالية:



منحنى المسار $y = f(x)$ (الشكل 2) المنحنيان v_x ، v_z بدلالة الزمن (الشكلان 3 و 4)، حيث v_x ، v_z مركبتا شعاع السرعة على المحورين (Ox) و (Oz) على الترتيب.

دراسة نتائج المحاكاة:

دراسة الإسقاط الأفقي لحركة مركز عطالة القذيفة: باستخدام الشكل 3 حدد:

a. المركبة v_{0x} لسرعة مركز عطالة القذيفة في اللحظة $t = 0$.

b. طبيعة حركة مسقط مركز العطالة على المحور (Ox) مع تحليل الإجابة.

c. المركبة v_{0z} لشعاع سرعة مركز العطالة عندما تبلغ القذيفة الذروة S للمسار.

دراسة الشروط الابتدائية للتقذف:

a. حدد باستعمال الشكل 4 المركبة v_{0z} لشعاع السرعة في اللحظة $t = 0$.

b. تحقق من أن القيم السابقة تتوافق مع زاوية التقذف $\alpha = 43^\circ$ و $v_0 = 13.7ms^{-1}$ للولادة في

تطور الجمل البياني

$$\vec{a} = \vec{g} \text{ وبالتالي مركبات التسارع } \begin{cases} \vec{a}_x = 0 \\ \vec{a}_y = 0 \\ \vec{a}_z = -g \end{cases} \text{ ومنه } \begin{cases} \frac{dv_x}{dt} = 0, \\ \frac{dv_y}{dt} = 0, \\ \frac{dv_z}{dt} = -g \end{cases} \text{ معادلات}$$

تفاضلية حلولها من الشكل $v_x = C_1$ ، $v_y = C_2$ ، $v_z = -gt + C_3$

في اللحظة $t = 0$ لدينا $\vec{v}_0 = v_0 \cos \alpha \vec{i} + v_0 \sin \alpha \vec{k}$ ومنه

$$C_1 = v_0 \cos \alpha, C_2 = 0, C_3 = v_0 \sin \alpha$$

فيكون لدينا $v_x = v_0 \cos \alpha$ ، $v_y = 0$ ، $v_z = -gt + v_0 \sin \alpha$ ونكتب عبارة شعاع سرعة G بالعلاقة

$$\frac{dx}{dt} = v_0 \cos \alpha, \frac{dy}{dt} = 0, \frac{dz}{dt} = -gt + v_0 \sin \alpha, \vec{v} = \frac{dOM}{dt} = \frac{dx}{dt} \vec{i} + \frac{dy}{dt} \vec{j} + \frac{dz}{dt} \vec{k}$$

حلول هذه المعادلات التفاضلية من الشكل:

$$x = v_0 \cos \alpha t + C_1, y = C_2, z = -\frac{1}{2} g t^2 + v_0 \sin \alpha t + C_3$$

الموضع A ومنه: $x = C_1 = 0$ ، $y = C_2 = 0$ ، $z = C_3 = 1.80m$ فيكون لدينا

$$x = v_0 \cos \alpha t, y = 0, z = -\frac{1}{2} g t^2 + v_0 \sin \alpha t + 1.80$$

2. إيجاد معادلة مسار G:

$$\text{من (1) } t = \frac{x}{v_0 \cos \alpha} \text{ وبالتعويض في (2) فإن } z = -\frac{g}{2 \cos^2 \alpha} x^2 + x \tan \alpha + 1.80$$

$$z = -\frac{9.8x^2}{2 \cos^2 \alpha} + x + 1.80$$

3. إيجاد قيمة السرعة الابتدائية: عند وصول الكرة إلى الأرض فإن $z = 0$ ومنه

$$-\frac{9.8 \times (19.8)^2}{2 \cos^2 \alpha} + 19.8 + 1.80 = 0 \rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{9.8 \times (19.8)^2}{21.6}} = 13.3ms^{-1}$$

تمرين 8

يحتوي هذا التمرين 4 إشارات.

أجب بالنسبة لكل إجابة بصحيح أو خطأ مع تحليل اختياريك بواسطة براهين من الدرس و تعريقات وحساب وأشكال أو تحليل بعددي. كل سؤال غير مثال لينتظ.

نعتبر قذيفة تتحرك في حقل جاذبية منظم، تنطلق القذيفة التي كتلتها m في اللحظة $t = 0$ من نقطة O مبدأ المعلم (O, x, z) يصنع شعاع السرعة الابتدائية v_0 زاوية α كفيفة مع الأفقي،

تتم الحركة في المستوي الشاقولي الذي يحتوي المحورين (Ox) و (Oz) حيث \vec{g} مواز لـ (Oz) نعتبر هذا المعلم غاليليا ويهمل مقاومة الهواء.

1. إثبات: شعاع التسارع \vec{a}_0 لمركز العطالة G للقذيفة لا يتعلق بالشروط الابتدائية.

2. إثبات: مسقط مركز العطالة G للقذيفة على المحور (\vec{Oz}) مصحوب بحركة مستقيمة منتظمة.

3. إثبات: مسار مركز العطالة G للقذيفة قطع مكافئ مهما كانت الزاوية α .

4. إثبات: في حالة إطلاق القذيفة من ارتفاع H بالنسبة لسطح الأرض بسرعة v_0 أفقية فإن

/حساب المسافة الأفقية $C'D$ حيث D هي النقطة التي يصلحها عندها الجسم (S) بالأرض

$$g = 10 \text{ ms}^{-2}$$

حل:

/حساب $\|v_B\|$:

تطبيق مبدأ انحفاظ الطاقة على الجملة (جسم - أرض):

$$E_A + E(\text{مكتسبة}) - E(\text{منفردة}) = E_B$$

$$h = R(1 - \cos\theta) \text{ حيث: } \frac{1}{2}mv_A^2 + mgh + 0 - 0 = \frac{1}{2}mv_B^2$$

$$v_B = \sqrt{2gR(1 - \cos\theta)} + v_A^2 = 12.2 \text{ ms}^{-1}$$

/حساب قوة الاحتكاك \vec{f} :

تطبيق مبدأ انحفاظ الطاقة على الجملة (جسم - أرض) بين الوضعين B, C:

$$\frac{1}{2}mv_B^2 + 0 - f \times L = \frac{1}{2}mv_C^2 \rightarrow f = \frac{0.5m(v_B^2 - v_C^2)}{L} = \frac{0.5 \times 0.05[(12.2)^2 - (2.5)^2]}{1} = 3.57 \text{ N}$$

/كتابة معادلة المسار:

تطبيق القانون الثاني لنيوتن في معلم أرضي نعتبره غاليليا: $\sum \vec{F} = m\vec{a}$ ومنه:

$$\vec{g} = \vec{a} \text{ أي أن: } m\vec{g} = m\vec{a}$$

$$a_y = g \text{ و } a_x = 0 \text{ في } (C, \vec{i}, \vec{j})$$

منه المعادلات الزمنية:

$$y = \frac{1}{2}gt^2 = 6t^2 \dots (2) \text{ و } x = v_C t = 2.5t \dots (1)$$

$$y = 0.8x^2 \text{ نجد: (2) و (1)}$$

هي معادلة قطع مكافئ.

$$y = 6t^2 \rightarrow t = \sqrt{\frac{y}{6}} \text{ لنسأ: إلى الأرض: (S) يصل فيها (S) إلى الأرض: } y = H - h = 2 - 0.25 = 1.75 \text{ m}$$

$$t = \sqrt{\frac{y}{6}} = \sqrt{\frac{1.75}{6}} = 0.6 \text{ s ومنه: } y = H - h = 2 - 0.25 = 1.75 \text{ m}$$

/حساب المسافة الأفقية $C'D$:

$$x = 2.5t = 2.5 \times 0.6 = 1.5 \text{ m}$$

$$3. \text{ معادلة المسار من (1) } t = \frac{x}{v_0 \cos \alpha} \text{ بالتعويض في (2) فإن:}$$

$$y = -\frac{g}{2\cos^2 \alpha v_0^2} x^2 + x \tan \alpha + h$$

$$y = -\frac{9.8}{2\cos^2 43^\circ (13.7)^2} x^2 + x \tan 43^\circ - 2.62$$

ومنه: $y = -0.05x^2 + 0.93x + 2.62$ وهي معادلة المسار.

3- كيف يمكن تحسين الرقم القياسي لـ اللاعب:

1.3 تحسين الرقم القياسي لـ اللاعب الأقصر قامته من بطل العالم حيث الارتفاع الأعظمي لنقطة قنفة $h = 2.45 \text{ m}$ ، لاحظ المدرب بناء على دراسة المنحنيات الواردة في الشكلين 5 و 6 أن أكبر مدى يتوقف على تأثير السرعة الابتدائية v_0 للقنفة وزاوية الرمي α فاختار الإرتاحين الموهبتين التاليين:

الزاوية α ثابتة	السرعة الابتدائية v_0 ثابتة
عندما تزداد v_0 فإن المسافة الأفقية للمرمي D:	عندما تزداد α فإن المسافة الأفقية للمرمي D:
- تزداد	- تزداد
- تتناقص	- تتناقص
- هي نفسها	- هي نفسها
- تزداد وتمر من قيمة عظمى ثم تتناقص	- تزداد وتمر من قيمة عظمى ثم تتناقص
- تتناقص وتمر من قيمة صغرى ثم تزداد	- تتناقص وتمر من قيمة صغرى ثم تزداد

بمقارنته الشكلين 6 و 5 فإن المنحني الذي يمكن اللاعب من تحطيم الرقم القياسي العالمي هو المنحني المنقطع في الشكل 5 والذي يوافق السرعة الابتدائية $v_0 = 14.0 \text{ ms}^{-1}$ وزاوية الرمي $\alpha = 41^\circ$.

تمرين 10

ينزلق جسم صلب (S) يمكن اعتباره نقطة

مادية كتلته $m = 0.05 \text{ kg}$ على مسار ABC يقع

في المستوى الشاقولي.

AB قوس من دائرة مركزها (O) ونصف

قطرها $R = 0.5 \text{ m}$ ، حيث: $\theta = 60^\circ$ نعتبر

الاحتكاك مهملة على هذا الجزء.

الجزء BC طريق أفقي طوله $BC = 1 \text{ m}$ توجد على هذا

الجزء قوى احتكاك تكافئ قوة وجيدة معاكسة لجهة حركة (S) نعتبرها ثابتة ونرمز لها بـ \vec{f}

ندفع الجسم (S) من النقطة A بسرعة ابتدائية مماسية للمسار عند النقطة A $\|v_A\| = 12 \text{ ms}^{-1}$.

1/ أحسب القيمة $\|v_B\|$ لسرعة الجسم (S) عند النقطة B.

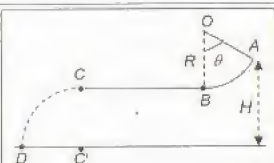
2/ يصل (S) إلى النقطة C بسرعة $\|v_C\| = 2.5 \text{ ms}^{-1}$ أحسب قيمة قوة الاحتكاك \vec{f} على

المسار BC.

3/ يغادر (S) المسار AB عند النقطة C ليسقط في الهواء، بإهمال تأثير الهواء على الجسم (S)

اكتب معادلة مسار المتحرك في المعلم (C, \vec{i}, \vec{j}) معتبرا مبدأ الأزمنة لحظة مروره بالنقطة C

4/ في أي لحظة يصل (S) إلى الأرض علما أن A ترفع عن الأرض بـ $H = 2 \text{ m}$ ؟



افترض أينشتاين سنة 1905 أن هذه الكميات من الطاقة يحملها دقائق كتلتها معدومة تسمى

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

فوتونات، كل فوتون يحمل طاقة.

3. تكميم تبادلات الطاقة:

يمكن لذرة أن تمتص أو تصدر فوتونا والذي يتعلق بولته بفراتره ν أو بطول موجته $\lambda = \frac{c}{\nu}$ مع



بين $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ ، هذا التبادل في الطاقة بين ذرة (المادة) والفوتون (الضوء) لا يتم إلا بصورة متقطعة فإذا مرت الذرة من مستوى طاقة E_1 إلى مستوى طاقة E_2 فإن $E_2 - E_1 = h\nu$.

4. تكميم مستويات الطاقة:

لا توجد الذرة إلا في بعض حالات طاقة معروفة بدقة تتميز بمستويات طاقة للذرة، المستوي الأقل طاقة هو المستوي الأساسي والمستويات الأخرى تكون فيها الذرة في حالة مثارة.

5. حالة ذرة الهيدروجين:

تحليل الضوء الصادر عن مصباح هيدروجين أظهر طيفا ضوئيا منقطعا لا تظهر فيه إلا بعض الخطوط (أحادية اللون) أطوال موجاتها محددة بدقة، وكل خط إصدار لذرة هيدروجين

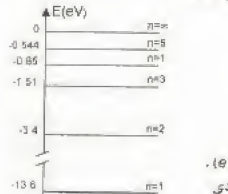
تساوي طاقة فوتون معطاة بالعلاقة $E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$ ، فطاقة ذرة الهيدروجين لا يمكن أن تأخذ إلا

بعض القيم المنقطعة محددة بدقة بخلاف طاقة الجملة (كوكب - قمر) فطاقة ذرة الهيدروجين ليست لقيمة لجملة (بروتون - إلكترون) لا يمكن أن تتغير بشكل مستمر.

مخطط الطاقة لذرة الهيدروجين:

ذرة الهيدروجين هي أبسط الذرات تتكون نواتها من بروتون يدور حوله إلكترون وتعتبر طاقة ذرة الهيدروجين كمعيار، طاقتها معدومة عندما يتواجد الإلكترون في اللانهاية (المستوى المرجعي

الطاقة) ومنه يمكن استنتاج طاقات المستويات الأخرى. في مخطط ذرة الهيدروجين يوافق المستوى المرجعي الحالة المثارة العظمى حيث تنتشر الذرة البعد بين الإلكترون والبروتون لا نهائي والذي تكون فيه الطاقة معدومة، هذه الحالة توافق طاقة العظمى، يتم بلوغ حالة التشرد بعد بتقديم طاقة للذرة، وطاقات



$$E_n = -\frac{13.6}{n^2}$$

عندما تنتقل الذرة من مستوى طاقة أدنى إلى مستوى

طاقة أعلى تمتص فوتونات.

عندما تنتقل الذرة من مستوى طاقة أعلى إلى مستوى

طاقة أدنى تصدر فوتونات.

تكميم:

طاقة أي ذرة كمومية تتغيراتها من رتبة الإلكترون فولط (eV).

طاقة الجزيئات كمومية، فتحليل طيف امتصاص جزيء يودي

إلى التعرف عليه.

طاقة النواة كمومية فالقوتونات المصاحبة للتفاعلات النووية طاقاتها من رتبة الميجا إلكترون فولط (MeV)

الميكانيك الكوانتي أو النسبي:

لا يستطيع ميكانيك نيوتن تفسير الطاقة الكمومية للذرة والجزيئات والنواتية.

الانتقال على العامين الكمي والنسبي

1- الأفعال التجاذبية والكهربائية

1.1 يستلزم ميكانيك نيوتن وجود الأفعال التجاذبية والكهربائية.

الأفعال التجاذبية (قانون نيوتن):

البعد m_B, m_A يحدث تأثير متبادل بين كتلتين

ويكون دوماً تجاذبياً ويعطى $AB = r$ بينهما

$$F_{A/B} = F_{B/A} = G \frac{m_A m_B}{r^2}$$

حيث $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2/\text{kg}^2$.

الأفعال الكهربائية (قانون كولوم):

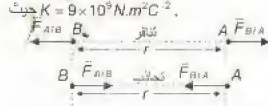
البعد q_B, q_A يحدث تأثير متبادل بين شحنتين

يكون تجاذبياً عندما تكون $AB = r$ بينهما

الشحنتين مختلفتين وتنافرياً إذا كانت لهما نفس

$$F_{A/B} = F_{B/A} = K \frac{q_A q_B}{r^2}$$

حيث $K = 9 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$.



2.1 التشابه بين القانونين:

هذان القانونان متشابهتان من حيث: — خط فعل القوتين يصل بين الجسمين أو بين الشحنتين.

— تتناسبان طردياً مع $\frac{1}{r^2}$.

— اقترح رذرفورد سنة 1911، انطلاقاً من هذا التشابه نموذجاً كوكبياً للذرة على غرار المجموعة الشمسية حيث تلعب النواة دور الشمس والإلكترونات دور الكواكب.

2- حدود ميكانيك نيوتن:

— إن قيم قوى التجاذب ضعيفة جداً أمام القوى الكهربائية على المستوى المجهرى (الدقائق العنصرية المشحونة) فالقوى الكهربائية هي التي تسيطر حركة الدقائق العنصرية المشحونة (حركة الإلكترون حول النواة مثلاً).

— على المستوى الجياني والفلكي فإمادة معتدلة كهربائياً قوى التجاذب هي التي تسيطر حركة الأقمار الاصطناعية حول الأرض والكواكب حول الشمس فالعمل المسيرة من طرف القوى التجاذبية كحركة الكواكب ذات تنوع لانهاية، لأن الكواكب لها كتل وأحجام ومسارات مختلفة، والطاقة الميكانيكية لكوكب هي مجموع الطاقين الحركية والكامنة، تتغير قيمتها بشكل مستمر،

فلا وجود لجسمين متماثلين، وبالمقابل فإن الجمل التي تخضع لقوى كهربائية كلها متشابهة رغم تنوعها فعلي المستوى المجهرى جميع الذرات من نفس النوع لها نفس الحجم في هذا الكون ولا يمكن التمييز بينها عند نفس درجة الحرارة تمتلك نفس الطاقة وبالتالي فطاقاتها غير مستمرة، وهذا ما عجز عن تفسيره النموذج الكوكبي عند تطبيق قوانين نيوتن في تفسير ثبات نصف قطر

ذرات العنصر الواحد، وأيضاً بنية الذرات والجزيئات وأقوية الذرات ومن أجل التعرف عليها وتفسير حركتها يتطلب ذلك قوانين وفرضيات جديدة.

3- تكميم طاقة الذرة (تكميم تبادلات الطاقة):

1.3- الفوتون:

افترض ماكس بلانك سنة 1900 أن الطاقة منقطعة لا يمكن تبادلها إلا على شكل كميات منقطعة (كوانتا) ذات موجة كهرومغناطيسية وحيدة اللون أو فوتراً ν تمتلك طاقة هي:

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

قوة الجذب العام: $F_{g,p} = G \frac{m_e m_p}{r^2} = 6,67 \times 10^{-11} \frac{9,1 \times 10^{-31} \times 1,67 \times 10^{-27}}{(5,3 \times 10^{-11})^2} = 3,6 \times 10^{-47} N$
 ملاحظ أن $F_{g,p} \ll F_{e,p}$ على المستوى المجري فإن القوة الكهربائية أكبر بكثير من قوة الجذب.
 تمرين 3:

لواة ذرة البور ^{10}Be ؟
 ميكانيك نيوتن بالنسبة لهذه الذرة؟
 (2) إن طيف الإصدار لذرة البريليوم لا يحتوي إلا على بعض الخطوط الموقوفة لإشعاعات أموال موجاتها محددة بدقة. ماذا تستنتج؟
 الحل:

a- (1) - مكنات ذرة البريليوم: تتكون من 4 بروتونات و 5 نيوترونات و 4 إلكترونات.
 b- يطبق ميكانيك نيوتن على النموذج الكوكبي لهذه الذرة فهو يتوقع أن طاقاتها تتغير بشكل مستمر.
 (2) إن الطيف الذي يحتوي على الخطوط يؤكد أن الطاقة مكتمة أي لا تتغير بشكل مستمر، ميكانيك نيوتن عاجز عن تفسير هذه الظاهرة.

تمرين 4:

يمثل الشكل التالي مخططا مبسطا لطاقة ذرة الهيدروجين.
 a- (1) - ماذا يعني المستوى الأساسي؟
 b- ما هو المستوى المختار كمرجع لقياس الطاقة؟
 c- ما هي الطاقة الواجب تقديمها لذرة الهيدروجين لتنتقل إذا كانت الذرة في حالتها الأساسية؟
 (2) - أ حسب طول موجة الإشعاع الناتج عن انتقال الإلكترون من السوية الثالثة إلى الثانية.
 b- هل هذا الإشعاع تم إصداره أو امتصاصه؟
 (3) أعد نفس السؤال من أجل الانتقال من السوية 1 إلى السوية 2.
 المعطيات: $h = 6,62 \times 10^{-34} J.s$, $1eV = 1,6 \times 10^{-19} J$, $c = 3 \times 10^8 mol^{-1}$

الحل:
 a- (1) - تمثل السوية الأساسية الأقل طاقة.
 b- المستوى المختار كمرجع للطاقة هو المستوى الذي تكون فيه الذرة مشرعة طاقتها (معدومة $E_1 = 0$).
 c- الطاقة الواجب تقديمها للذرة حتى تنتقل (تتأين) هي: $E_2 - E_1 = 13,6eV$
 a- (2) - حساب طول موجة الإشعاع:

$$E_2 - E_3 = h\nu = h \frac{c}{\lambda} = -1,88eV$$

$$\lambda = \frac{E_2 - E_3}{hc} = \frac{-1,88 \times 1,6 \times 10^{-19}}{6,62 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8} = 661 \times 10^{-9} m = 661nm$$

b- تنقص طاقة الذرة وبالتالي فالذرة تصدر الإشعاع.
 a- (3) - حساب طول موجة الإشعاع: $E_2 - E_1 = -3,39 - (-13,6) = +10,21eV$
 $\lambda = \frac{10,21 \times 1,6 \times 10^{-19}}{6,62 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8} = 122 \times 10^{-9} m = 122nm$

يرجع تفسير الطاقة المكتمة للذرات والجزيئات والأوية إلى الميكانيك الكوانتي حيث الفوتونات أحد مظاهر الضوء والتي تمثل المظهر الجسيمي، فالضوء ليس موجة ولا مجموعة من الدقائق بل الاثنين معا أي ثنائية موجة - جسيم.
 - لا يوجد معنى لمفهوم المسار في الميكانيك الكوانتي فتحدد موضع الإلكترون في الفضاء المحيط بنواة الذرة يخضع لحساب الاحتمال فميكانيك الكوانتي احتمالي بعكس ميكانيك نيوتن.

نماين

تمرين 1:

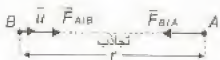
اجب بصريح أو خطأ:
 (5) الفترة التي تسبب طاقة تصدر فوتون.
 (6) الفترات لا تتبدل طاقة إلا بشكل كمات.
 (7) طاقة التردد هي الطاقة التي نقيسها للذرة لإثارة إلكترونها الخارجي لانتقاله إلى اللانهاية
 (3) تحليل طيف ضوء قادم من نجم يمكننا من بسرعة معنومة.
 (8) ينتمى الفوتون المرسل إلى ذرة دوما.
 (9) طاقات انتقال الإلكترونات هي من الجوي.
 (4) الفوتون هو جسيم كتلته $h\nu$.
 الحل:

1 - < 2 - < 3 - < 4 - < 5 - < 6 - < 7 - < 8 - < 9 - <

تمرين 2:

A - نقيقتين مشحونتين B، A.
 (1) اعط العلاقة الشعاعية للقوة التي تؤثر بها الشحنة A على الشحنة B.
 (2) مثل هذه القوة المؤثرة على الشحنتين B، A علما انهما تحملان شحنتين مختلفتين.
 (3) ما هو الاختلاف الذي تلاحظه بين قوة الجذب العام والقوة الكهربائية
 B - احسب قوة الجذب العام والقوة الكهربائية في ذرة الهيدروجين المكون من (بروتون وإلكترون).
 المعطيات: $m_p = 1,67 \times 10^{-27} Kg$, $m_e = 9,1 \times 10^{-31} Kg$
 نصف قطر ليدروجين $r = 5,3 \times 10^{-11} m$ ، الشحنة العنصرية $|e| = 1,6 \times 10^{-19} C$
 الحل:

A - (1) العلاقة الشعاعية: $\vec{F}_{A/B} = k \frac{q_A q_B}{AB^2} \vec{u}$
 (2) تمثيل القوتين المؤثرتين على الشحنتين $q_A = -q_B$
 (3) الاختلاف بين قوة الجذب العام والقوة الكهربائية:
 قوة الجذب العام: هي قوة تجاذب دوما، مداها غير محدود.
 القوة الكهربائية: هي قوة تجاذب أو تنافر، مداها محدود.
 B - حساب قوة الجذب بين البروتون والإلكترون:
 $F_{e,p} = F_{g,p} = K \frac{|q_e||q_p|}{r^2} = 9,10^9 \frac{(1,6 \times 10^{-19})^2}{(5,3 \times 10^{-11})^2} = 8,2 \times 10^{-8} N$



أخرى العالم الأمريكي ريتشارد فاينمان على الفوتون نوبل جائزة (1965) وفي المقال التالي يوضح معارف بداية القرن 20 مائية لموضوع الضوء.
«... في هذا الوقت يعتبر الضوء موجة أيام الإثنتين الأربعة والجمعة ومجموعة من الدقائق أيام الثلاثاء، الخميس والسبت ويبقى يوم الأحد للتفكير في ماهية الضوء...»
(1) ما المقصود بالدقائق في هذا النص؟
(2) ما هي المفاهيم الفيزيائية المشتركة بين الموجة الكهرومغناطيسية والدقائق الواردة في هذا النص؟
الحل:

1- يفصح فاينمان بالدقائق: الفوتونات.

2- تشارك الفوتونات والأمواج في مفاهيم طول الموجة والتواتر، الدور والسرعة.

تمرين 6

طاقة ذرة الهيدروجين كمكبة ولا تأخذ غير القيم التالية: $E_n = E_0/n^2$ حيث: $E_0 = -13.5\text{eV}$
1. $n = 1, 2, 3, \dots$ طبيعي موجب، يمكن أن نقوم بالتقريب التالية على هذا التمرين:
سرعة الضوء في الفراغ: $c = 3 \cdot 10^8 \text{ms}^{-1}$
ثابت بلانك: $h = 6.10^{-34} \text{Js}$
المنعصية: $e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{C}$
أجب بصحيح أو خطأ على الاتيئات التالية:
1- أطوال موجات سلسلة باثن (نزع الاثارة)

الحل

1- ص 4، ص 3، ص 2، ص 1

تمرين 7

أن تفكك نواة صوديوم $^{24}_{11}\text{Na}$ أعطى نواة $^{24}_{12}\text{Mg}$ والشكل المقابل يمثل مستويات الطاقة لذرة المغنيزيوم $^{24}_{12}\text{Mg}$
1- اكتب معادلة تفكك في الحالة التي تكون فيها نواة مغنيزيوم مثارة.
2- اكتب معادلة نزع الاثارة لنواة المغنيزيوم.
3- أحسب تغيرات طاقة نواة المغنيزيوم عندما تمر من الحالة المثارة إلى الحالة الأساسية، أعط دون حساب مجال الأمواج الكهرومغناطيسية الذي تنتمي إليه الإشعاعات الصادرة.
4- ماهو الشكل الآخر الذي تظهر به الطاقة المتحررة من تفاعل التفكك النووي؟
حل:

1- معادلة التفكك النووي: $^{24}_{11}\text{Na} \rightarrow ^{24}_{12}\text{Mg}^* + e^-$

2- معادلة نزع الاثارة: $^{24}_{12}\text{Mg}^* \rightarrow ^{24}_{12}\text{Mg} + \gamma$

3- تغيرات طاقة نواة المغنيزيوم:

عند المرور من الحالة E_3 إلى E_0 فإن: $\Delta E_{30} = E_3 - E_0 = 5.22\text{MeV}$

عند المرور من الحالة E_1 إلى E_0 فإن: $\Delta E_{10} = E_1 - E_0 = 1.37\text{MeV}$
1- الأشعة الصادرة تنتمي إلى مجال الأشعة γ
4- تظهر الطاقة المحررة على شكل طاقة حركية للنواة المتولدة وللكلكترون المتشكل.

تمرين 8

بمثل المخطط المقابل بعض مستويات الطاقة لذرة الزنك.

1- ذكر بعبارة القوة الكهربائية التي تؤثر بها النواة ذات الشحنة Ze في الكترون شحنة $(-e)$ يبعد عن

النواة بـ r .

2- ماذا تقصد بتكميم طاقة الذرة؟

3- أحسب تغيرات طاقة ذرة الزنك عند المرور من المستوى E_1 إلى المستوى E_2 ثم من المستوى E_2 إلى المستوى E_3

4- ما أطوال الموجات في الفراغ للإشعاعات الصادرة؟

المعطيات: $c = 3 \cdot 10^8 \text{ms}^{-1}$ ، $h = 6.62 \cdot 10^{-34} \text{Js}$ ، $1\text{eV} = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{J}$

الحل:

1- عبارة القوة الكهرو ساكنة: $F = \frac{kZe^2}{r^2}$

2- لا تأخذ طاقة الذرة إلا بعض القيم المنقطعة لذلك نقول أنها كمسة.

3- $E_1 - E_2 = 1.03\text{eV} = 1.65 \cdot 10^{-19} \text{J}$

$E_2 - E_3 = 6.70\text{eV} = 1.07 \cdot 10^{-18} \text{J}$

4- العلاقة التي تربط تواتر الإشعاع الصادر بالتغير في الطاقة هي:

$\Delta E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$ ومنه: $\lambda = \frac{hc}{\Delta E}$

$\lambda_{E_1 \rightarrow E_2} = 1.86 \cdot 10^{-7} \text{m}$ ، $\lambda_{E_2 \rightarrow E_3} = 1.20 \cdot 10^{-7} \text{m}$



ألبرت أينشتاين

الاهتزازات الحرة لجملة ميكانيكية

1 - تعريف:

الجملة الميكانيكية المهتزة: هي الجملة التي يقوم مركز عطالتها (G) بحركة دورية متساوية على جانبي موضع التوازن المستقر وتسمى أيضا هزازا ميكانيكيا.

جملة: حركة رافض ساعة حائطية بحركة أرجوحة.

2 - أنواع الاهتزازات:

أ- الاهتزازات الحرة: هي التي يقوم بها هزاز دون أن يتلقى طاقة من الوسط الخارجي بعد وضعه في حالة حركة وهي نوعان:

1- اهتزازات حرة غير متخامدة: هي اهتزازات مثالية غير موجودة في الواقع.

2- اهتزازات حرة متخامدة: هي اهتزازات تتناقص سعتها مع مرور الزمن حتى تتوقف بسبب الاحتكاكات.

ب- الاهتزازات القسرية: هي اهتزازات تفرض على الجملة المهتزة من الوسط الخارجي.

1- التماس المرن

1- يتكون التماس المرن من جسم صلب كتلته m

تثبت نهاية نابض مهمل الكتلة ذو حلقات غير متلاصقة النهاية الأخرى للنابض مثبتة في نقطة، هذه الجملة هي

نموذج لكثير من الجمل المهتزة.

2- نعين موضع مركز عطالة الجسم: نختار موضع

أزن الجملة عندما تكون ساكنة ($x = 0$) كمبدأ قياس

فواصل ونعين موضع مركز عطالة الجسم (G) بالنقطة $x(t)$.

3- نرجح أن نضع الجسم ثم نتركه بدون سرعة ابتدائية يقوم مركز عطالته (G) بحركة اهتزازية

بجهد دورية ضعيفة فنقول أن الجملة (جسم - نابض) تشكل هزازا مرنا.

3- حركة مركز عطالة الجسم

ندرس حركة الجسم المثبت في نهاية النابض في مرجع مرتبط بالأرض نعتبره غاليليا.

جملة: الجسم كتلته m

قوى الخارجية المؤثرة في مركز عطالة الجسم G هي:

قوة الثقل P

قوة رد فعل الحامل R على الجسم وهي مجموع

تتين N ناطقة على سطح التماس موجهة نحو الأعلى

أقوة احتكاك مماسية معاكسة لحركة الجسم.

أقوة F التي يؤثر بها النابض على الجسم

صلائص القوة F : - نقطة التأثير: نقطة تثبيت الجسم بالنابض

- المتجه: محور النابض

- الاتجاه: عكس لإزاحة أو ضغط النابض وهي قوة تسعى دائما لإرجاع

الجسم إلى وضع توازنه لذلك ندعى بقوة الإرجاع.

- الشدة: تتناسب طرديا مع مقدار استطالة أو انضغاط النابض x حيث، $F = kx$

الشدة الشعاعية $F = -kx(t)$ إذا كان $x(t) = 0$ فإن $F = 0$ إذا كان $x(t) = 0$ فإن $F = 0$

النظومات الاهتزازية

1 - التماس المرن

- حركة مركز عطالة الجسم

- المعادلة التفاضلية للحركة

- النظام: الدوري، شبه دوري، لا دوري

تمارين

1 - التماس التقي (المركب والبسيط).

- حركة مركز عطالة التماس البسيط

- المعادلة التفاضلية للحركة

- النظام: الدوري، شبه دوري، لا دوري.

- تغذية الاهتزازات الميكانيكية.

تمارين

- الاهتزازات الحرة في الدارة R.L.C على التسلسل

- المعادلة التفاضلية للدارة.

- النظام: الدوري، شبه دوري، لا دوري.

- الاهتزازات الحرة في الدارة L.C

- المعادلة التفاضلية للدارة.

- الدراسة الطاقوية

- تغذية الاهتزازات الكهربائية.

تمارين

- الاهتزازات القسرية الميكانيكية

- الاهتزازات القسرية الكهربائية

تمارين

الاهتزازات الحرة لجملة ميكانيكية

الاهتزازات الحرة لجملة كهربائية

الاهتزازات القسرية

4-1 المعادلة التفاضلية المحققة لـ x .

بتطبيق القانون الثاني لنيتون على مركز عطالة الجسم: $\Sigma \vec{F}_{ext} = m\vec{a}_G$

بالإسقاط على المعلم (O, i) $\rho + R + \vec{F} = m\vec{a}_G$

$$f - F = ma_G \rightarrow f - kx = m \frac{dx^2}{dt^2} \rightarrow f - kx = m\ddot{x} \rightarrow m\ddot{x} + kx - f = 0$$

$$\ddot{x} + \frac{k}{m}x - \frac{f}{m} = 0 \quad (1)$$

وهي المعادلة التفاضلية المحققة لـ x .

5-1 حلول المعادلة التفاضلية

حالة إهمال قوى الاحتكاك: حلول المعادلة التفاضلية في حالة إهمال قوى الاحتكاك الناتجة عن

البوار أو الحامل: $f = 0$ نأخذ المعادلة التفاضلية (1) الشكل: $\ddot{x} + \frac{k}{m}x = 0 \quad (2)$

وهي معادلة تفاضلية من الدرجة الثانية خطية بدون طرف ثانٍ تقل حلها هو المعادلة الزمنية

لحركة اهتزازية غير متخادعة من الشكل: $x(t) = A \cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right)$

— الحد $\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi$ يمثل صفحة الاهتزاز عند t تقدر بالرديان (rad).

— φ : تمثل الصفحة عند اللحظة $t = 0$ تسمى أيضا الصفحة الابتدائية وحدها الراديان.

الحركة دورية لأن $x(t) = x(t + T_0)$ فحركة G تتكرر مائتة لنفسها خلال فترات زمنية T_0 منها تدعى الدور الذاتي للاهتزازات.

و $A = x_m$ يدعى بسعة الحركة مقدار موجب دوماً وحده المتر (m)

$$\text{— الحد } \cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right) \text{ يتغير بين } -1 \text{ و } +1$$

وبالتالي $-A \leq x(t) \leq A$ حيث: $x(t)$: فاصلة G في اللحظة t

6-1 عبارة الدور الذاتي للحركة T_0 :

لدينا: $x(t) = x_m \cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right)$ بالاستقار بالنسبة للزمن يكون:

$$\ddot{x} = \frac{d^2x}{dt^2} = -x_m \frac{4\pi^2}{T_0^2} \cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right) \quad \text{و} \quad \dot{x} = \frac{dx}{dt} = -x_m \frac{2\pi}{T_0} \sin\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right)$$

و بالتعويض في عبارة المعادلة التفاضلية (2) نجد:

$$-\frac{4\pi^2}{T_0^2} x_m \cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right) + \frac{k}{m} x_m \cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right) = 0$$

$$-\frac{4\pi^2}{T_0^2} + \frac{k}{m} = 0 \quad \text{ومنه:} \quad T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \quad \text{وحده } s$$

الدور الذاتي لاعلاقة بسعة الحركة A ، بينما يتعلق بالكتلة m وثابت المرونة k .

7-1 تحديد A ، φ

يتوقف تحديد A ، φ على الشروط الابتدائية خلافاً باعتراها مثلاً لحظة ترك الجسم بعد ارتاحته

لذا للامثلة فإن $x(t=0) = x_m > 0$ و $\dot{x}(t=0) = 0$:

$$\sin \varphi = 0 \rightarrow \begin{cases} \varphi = 0 \\ \varphi = \pi \end{cases} \quad \text{ومنه:} \quad \frac{dx}{dt}(t=0) = -A \frac{2\pi}{T_0} \sin \varphi = 0$$

الحل الأبسط يكون لما $\varphi = 0$

$x_m = A$ أي أن: $x(t=0) = x_m = A \cos \varphi$

ونحل المعادلة التفاضلية (2) باعتبار الشروط الابتدائية:

$$x(t) = x_m \cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t\right) \quad \text{أو} \quad \frac{dx}{dt}(t=0) = 0, \quad x(t=0) = x_m$$

مخطط السرعة والتسارع:

$$v = \frac{dx}{dt} = -A \frac{2\pi}{T_0} \sin\left(\frac{2\pi}{T_0}t\right) = -A \frac{2\pi}{T_0} \sin \varphi$$

$$a = \frac{dv}{dt} = -A \frac{4\pi^2}{T_0^2} \cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t\right) = -\frac{4\pi^2}{T_0^2} x$$

$$\text{ش:} \quad \omega_0 = \frac{2\pi}{T_0} \quad (\text{بنسب الحركة})$$

8- حالة عدم إهمال قوة الاحتكاك $f \neq 0$

يسبب الحركة الاهتزازية للهزاز متخادعة ونلاحظ

أنظمة الحركة حسب شدة قوة الاحتكاك f

النظام الشبيه الدوري Pseudo-Periodique

فيه شدة قوة الاحتكاك ضعيفة وتتفادى

الاهتزازات تدريجياً بمرور الزمن ويكون شبه

دوري T مساوياً تقريبا للدور الذاتي T_0 للهزاز.

— النظام اللا دوري:

بما تكون شدة قوة الاحتكاك معتبرة

الجملة إلى وضع التوازن بسرعة

فركتها لا دورية (غير اهتزازية)

— النظام الحرج:

من أجل شدة قوة احتكاك كبيرة

يعود الهزاز إلى وضع التوازن في

أصغر وقت والنظام الحرج هو المستعمل

أنظمة التخميد في السيارات Amortisseurs

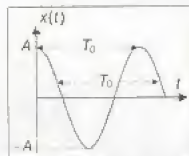
ملاحظة: يمكن الحصول على المعادلة التفاضلية (2)

بإب طاقة الجملة الميكانيكية (دون احتكاك):

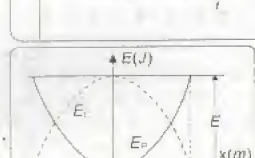
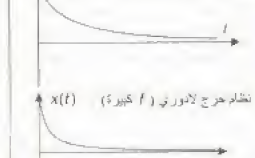
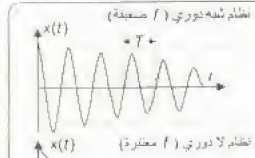
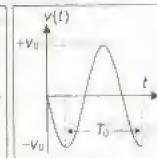
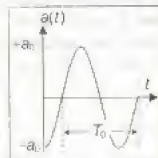
$$E = E_C + E_{PE} = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2 = \text{const}$$

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2 \right) = 0 \rightarrow m \frac{dv}{dt} + kx = 0 \rightarrow m \ddot{x} + kx = 0$$

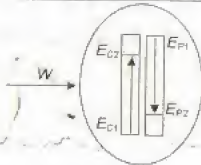
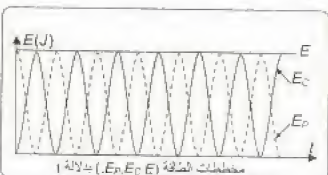
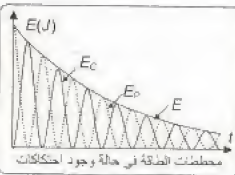
$$\ddot{x} + \frac{k}{m}x = 0 \rightarrow \ddot{x} + \omega_0^2 x = 0$$



مخطط $x(t)$ في غياب الاحتكاك



مخطبت الطاقة (E_C, E_P, E) بدلالة x



الحصول الطاقي:
 - من المخططين نلاحظ أن الطاقة الكلية للحزمة
 - المثالية ثابتة في كل لحظة.
 - يحدث تحول بين الطاقين الكاملة والحركية
 - بحيث يبقى مجموعهما ثابتا .

تمارين

تمرين 1

أسئلة حول الدروس : هذه الاهتزازات تتضمن اجابة او عدة اجابات صحيحة.

- 1 - دور الاهتزاز لنابض يعطى بالعلاقة $T_p = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$ يتوفر عدة شروط .
 - a - افعال قوة الاحتكاك ،
 - b - سعة الاهتزاز ضعيفة
 - c - يجب أن تكون الاهتزازات حرة ،
 - d - يجب أن يهتز النابض افقيا .
- 2 - في النظام الحر غير المتخاض لنابض مرين .
 - a - الزمن الفاصل بين مرور متتاليين للجسم بوضع التوازن هو الدور الذاتي T_p .
 - b - يسغرق الجسم زمن $T_p/4$ لقطع مسافة X_m .
 - c - تعتمد سرعة الجسم في نهاية المسار ،
 - d - يعتمد تسارع الجسم في نهاية المسار .
- 3 - في حالة النظام الحر غير المتخاض لنابض مرين افقي المعادلة التفاضلية المحققة لـ $x(t)$:
 - a) $\ddot{x} + \frac{k}{m}x = 0$. b) $\ddot{x} + \frac{m}{k}\ddot{x} = 0$. c) $\ddot{x} - \frac{k}{m}x = 0$. d) $\ddot{x} + \frac{m}{k}x = 0$

الحل

$$\ddot{x} + \frac{k}{m}x = 0 : a \leftarrow 3 \quad c \leftarrow b \leftarrow 2 \quad c \leftarrow b \leftarrow 2 \quad c \leftarrow a \leftarrow 1$$

تمرين 2

1. اكتب العلاقة بين قيمة القوة F واستطالة النابض .
2. طول النابض وهو فارغ $r_0 = 20cm$ ثابت مرونته $k = 50N/m$ احسب القوة المطبقية على نهاية النابض عند ما يكون طوله :
 - a) $r_1 = 22.5cm$ ،
 - b) $r_2 = 15.0cm$.
3. مثل القوة المؤثرة في نهاية النابض في الحالتين السابقتين .

الحل

$$F = k \Delta l = k(l - l_0) : 1 - قيمة القوة تتناسب مع مقدار الاستطالة :$$

- 2 - القوة المطبقية على نهاية النابض في الحالتين : لدينا : $F = k(l - l_0)$.
 a. $F_1 = k(l_1 - l_0)$ ومنه : $F_1 = 50(0.25 - 0.20) = 1.25N$
 $F_2 = 50(0.05) = 2.5N$
- 3 - تمثيل القوة في الحالتين :

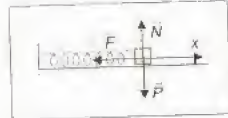


تمرين 3

- ثبتت نهاية نابض افقي في نقطة والنهية الاخرى مثبت بها جسم صلب ينقل الجسم افقيا على اضد هو اتي .
- 1 - حدد القوى المؤثرة على مركز عطلة الجسم عندما يترك بعد ازاحته عن وضع توازنه وتركه بدون سرعة ابتدائية .
 - 2 - استنتج المعادلة التفاضلية للحركة .

الحل :

- 1 - تحديد القوى المؤثرة على مركز عطلة الجسم :



$$\begin{aligned} & 2 - بتطبيق القانون الثاني لنيتون : \\ & \Sigma F_{ext} = ma \Rightarrow \vec{P} + \vec{F} + \vec{N} = m\vec{a} \\ & \text{الانقسام على } (\vec{ox}) \text{ فإن } : \\ & -F + N - P = m \frac{dx^2}{dt^2} \\ & \text{ومنه : } -kx = m \frac{dx^2}{dt^2} \end{aligned}$$

تمرين 4

طلى المعادلة التفاضلية لحركة هزاز مرين بدون احتكاك بالشكل :

$$m\ddot{x} + Kx = 0$$

عبر عن الثابت A بدلالة K, m

بين بواسطة التحليل البعدي أن $\frac{k}{m}$ هو مقولوب الزمن

- بين أن العلاقة $x(t) = x_m \cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right)$ حل عام للمعادلة التفاضلية شرط أن T_0 محققا
- لاقة بين K, m ما هي هذه العلاقة ؟
- ما ذا تعني بالمقادير x_m, φ .

حل :

$$a - \text{التعبير عن الثابت } A \text{ بدلالة } K, m : m\ddot{x} + Kx = 0 \Rightarrow \ddot{x} + \frac{K}{m}x = 0$$

$$\text{لدينا : } \ddot{x} + Ax = 0 \text{ بالمطابقة فإن : } A = \frac{K}{m}$$

$$\text{التحليل البعدي : } [K] = [kg \cdot m \cdot s^{-2}] , [m] = [m] , [x] = [m] , [a] = [m \cdot s^{-2}]$$

$$\text{نباين أن : } x(t) = x_m \cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right) \text{ حل للمعادلة التفاضلية}$$

بالنسبة للزمن :

$$\ddot{x} = x_m \frac{4\pi^2}{T_0^2} \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} t + \varphi\right) \quad \text{و} \quad \dot{x} = -x_m \frac{2\pi}{T_0} \sin\left(\frac{2\pi}{T_0} t + \varphi\right)$$

$$\ddot{x} + Ax = 0 \text{ هو الشكل } \ddot{x} = -\frac{4\pi^2}{T_0^2} x(t) \rightarrow \ddot{x} + \frac{4\pi^2}{T_0^2} x(t) = 0$$

ومنه فإن $x(t)$ هو حل للمعادلة التفاضلية

استنتاج عبارة الدور بتعويض عبارة x في المعادلة التفاضلية

$$\frac{4\pi^2}{T_0^2} + \frac{k}{m} = 0 \rightarrow T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{k}{m}} \quad \text{ومنه:} \quad \frac{4\pi^2}{T_0^2} x(t) + \frac{k}{m} x(t) = 0$$

3 - x_m : يمثل السعة العظمى و φ : الصلصة في اللحظة الابتدائية.

تمرين 5

يتكون تواس مرزن من نابض أفقي مهمل الكتلة حلقائه غير مثلاًصة

ثابت مرونته (k) ومن جسم صلب (S) كتلته يمثل الشكل (2) تغيرات

فاصلة مركز عطالة الجسم بدلالة الزمن $x=f(t)$ ويمثل الشكل (3)

تغيرات الطاقة الكامنة المرونية بدلالة الزمن $E_{ce}=f(t)$

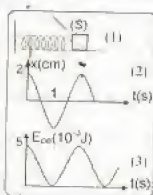
1 - مثل على الشكل (1) القوى المؤثرة في الجسم عند الفاصلة x .

2 - اكتب المعادلة التفاضلية المحققة للفاصلة x .

3 - اكتب المعادلة الزمنية للحركة.

4 - عبر عن الطاقة الكامنة المرونية بدلالة الزمن.

5 - اوجد قيمتي m, k



الحل

1 - تمثيل القوى على الشكل (سعة الحركة تامة $f=0$)

2 - كتابة المعادلة التفاضلية المحققة للفاصلة x :

بتطبيق القانون الثاني لنيوتن: $\Sigma F_{ext} = ma_G \rightarrow P + F + N = ma_G$

بالانقطاع على (Ox) فإن $ma_G = -F$ ومنه: $ma_G = -kx$ ومنه: $\frac{dx}{dt} = -\frac{k}{m}x$ ومنه: $\ddot{x} + \frac{k}{m}x = 0$

3 - المعادلة الزمنية: حل المعادلة التفاضلية السابقة من الشكل: $x(t) = x_m \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} t + \varphi\right)$

من الشكل (2): $x_m = 2.10^{-2} \text{ m}$, $T_0 = 2 \text{ s}$ وعند $t=0$ فإن: $x = x_m$ ومنه:

$x(t) = 2.10^{-2} \cos(\pi t)$ ومنه: $\varphi = 0$ والمعادلة هي: $x_m \cos \varphi = x_m \rightarrow \cos \varphi = 1$

4 - عبارة الطاقة الكامنة بدلالة الزمن: لدينا: $E_{ce} = \frac{1}{2} kx^2 = \frac{1}{2} kx_m^2 \cos^2(\pi t)$

5 - ايجاد قيمتي m, k : لدينا من الشكل (3): عند $t=0$ $E_{ce} = 5.10^{-3} \text{ J}$

$$k = \frac{2E}{x_m^2} = \frac{2 \times 5.10^{-3}}{4.10^{-4}} = 5 \text{ N/m}$$

حساب m لدينا: $k/m = \omega_0^2 \rightarrow m = k/\omega_0^2 = 5/\pi^2 \approx 0.5 \text{ kg}$

من فزاز مرزن أفقي من جسم صلب كتلته m مثبت بنابض ثابت استطالته k يسمح كاشف

لي يتحدد سرعته الجسم الصلب عند المرور بوضع التوازن بسرعة $v = 0.5 \text{ ms}^{-1}$ في الاتجاه

جيب للمطالات ، ثم يصل إلى الوضع الذي فاصله العظمى $x_m = 0.05 \text{ m}$

المعادلة الزمنية للحركة من الشكل: $x = x_m \cos(2\pi f t + \varphi_0)$

دور الحركة موجه في جية استطالة النابض ، مبدأ المحور يطبق على موضع توازن الجسم

حدد ثوابت الحركة انتين مبدأ الزمن لحظة مرور الجسم من وضع التوازن .

اكتب المعادلات الزمنية للمطال و السرعة .

في أية لحظة يمر الجسم من الفاصلة العظمى بعد مروره بوضع التوازن؟

نريد تحديد كتلة الجسم ، من أجل ذلك نثبت على الجسم كتلة إضافة $m = 10 \text{ g}$

ج الجسم عن وضع توازنه بمسافة $a = 0.05 \text{ m}$ ثم نتركه ينزل بسرعة ابتدائية وعندما يمر

بوضع التوازن تكون سرعته 0.48 m/s .

ما هو الدور T' للحركة؟

استنتج كتلة الجسم الصلب .

ما قيمة ثابت استطالة النابض؟

حل:

1 - نحدد ثوابت الحركة: لما $a = 0$ ، $f = 0$ ، $v_0 = v_{\text{max}} = x_0 \omega_0$ ومنه:

$v = -2\pi f x_m \sin(2\pi f t + \varphi_0)$

يجد φ_0 من الشروط الابتدائية: $x_0 = x_m \cos \varphi_0$ ومنه: $\varphi_0 = -\frac{\pi}{2}$

كتابة المعادلات الزمنية للمطال و السرعة: لدينا: $x = x_m \cos(2\pi f t + \varphi_0)$ ومنه:

$x = 5.10^{-2} \cos(2\pi \times 1.6t - \pi/2) = 5.10^{-2} \cos(3.2\pi t - \pi/2)$

سرعة: $v = -5.10^{-2} \times 3.2\pi \sin(3.2\pi t - \pi/2) = -0.5 \sin(3.2\pi t - \pi/2)$

اللحظة التي يمر فيها الجسم من الفاصلة العظمى بعد مروره بوضع التوازن هي:

$(3.2\pi t - \pi/2) = 2n\pi$ ومنه: $x = 5.10^{-2} \cos(3.2\pi t - \pi/2) = x_m \rightarrow \cos(3.2\pi t - \pi/2) = 1$

منه: $t = (2n + 0.5)/3.2$ ومنه: $t = 0.156 \text{ s}$

ث - الدور T' للحركة: لدينا: $v_0 = v_{\text{max}} = (2\pi/T')x_m \rightarrow T' = 2\pi x_m/v_0 = 0.65 \text{ s}$

استنتاج كتلة الجسم الصلب: لدينا:

$\omega_0 = k/m \rightarrow k = m\omega_0^2 \rightarrow \omega_0 = 2\pi/T' \rightarrow m = k/\omega_0^2 = 0.32(3.2\pi)^2 = 32 \text{ Nm}$

منه: $m = 0.97/3 = 0.32 \text{ kg}$

قيمة ثابت استطالة النابض: $k = m\omega_0^2 = 0.32(3.2\pi)^2 = 32 \text{ Nm}$

تمرين 7

يتكون جهاز مرزن شاقولي من جسم كتلته m مثبت في نهاية نابض شاقولي والنهية الأخرى

لنابض مثبته ، يقوم الهزاز باهتزازات وفق محور النابض.

مرزن لفاصلة مركز عطالة الجسم بـ Z حسب المحور OZ الشاقولي .

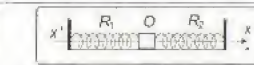
عند ما تكون الجملة في حالة توازن فإن $Z = 0$

ج - العلاقة الباقية هي $T_0 = B \sqrt{\frac{m}{K}}$ و من تسجيلات الشكل 1 نجد : $T_0 = 0.63s$

ومنه : $B = T_0 \sqrt{\frac{K}{m}} = 0.63 \sqrt{\frac{20}{0.2}} = 6.3 = 2\pi$

بن 8 :

في الشكل التالي نابض مرئى (R_1, R_2) في الكتلة حلقتهما غير متلاصقة ، ثابتا بينهما على ترتيب $K_2 = 60N/m$ ، $K_1 = 40N/m$ ، $m = 40g$ ، بإمكانه ان يزلزل دون الاحتكاك مستو افقى . النابضان في وضع الراحة الجسم (S) عن وضع توازنه في الاتجاه جب للمحور ($x'ox$) بمقدار $2cm$ ثم تركه ليهاله دون سرعة ابتدائية ، مثل على الشكل القوى المؤثرة في الجسم (S) :



- 1- اوجد المعادلة التفاضلية المحققة للفاصلة x .
- 2- اكتب عبارة الدور واحسب قيمته .
- 3- عند اللحظة $t_0 = 0$ يمر الجسم (S) من وضع التوازن في الاتجاه الموجب ، اكتب المعادلة الزمنية لحركته $x(t)$.
- 4- احسب قيمة سرعته عند اللحظة t_0 واستنتج قيمتي مربعه عند المحظيين $t_1 = \frac{T}{2}$ ، $t_2 = \frac{T}{4}$.



تمثيل القوى المؤثرة في الجسم (S) :
كتابة المعادلة التفاضلية المحققة للفاصلة x :
بق القانون الثاني لنيوتن :

$$\vec{P} + \vec{R}_1 + \vec{R}_2 = m\vec{a} \Leftrightarrow \sum F_i = m$$

مقاط على (ox) نجد : $-F_1 - F_2 = ma = m\ddot{x}$ ومنه : $-K_1x - K_2x = m\ddot{x}$ ومنه $\ddot{x} + \omega_0^2 x = 0$ وهي من الشكل : $\ddot{x} + (k_1 + k_2)x = 0 \rightarrow \ddot{x} + \frac{k_1 + k_2}{m}x = 0$

المعادلة التفاضلية المحققة لـ x
عبارة الدور وقيمته : لدينا : $\omega_0 = \frac{2\pi}{T_0} = \frac{2\pi}{0.63} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{K_1 + K_2}} = 2\pi \sqrt{\frac{0.4}{100}} \approx 0.45s$

كتابة المعادلة الزمنية للحركة : حل المعادلة التفاضلية هو : $x = x_m (\cos \omega_0 t + \varphi)$ عند $t = 0 \rightarrow x = 0$ ومنه :

$V = -\omega_0 x_m \sin \varphi > 0 \rightarrow \varphi = \frac{\pi}{2}$ لكن : $\cos \varphi = 0$ ولكن : $\varphi = \frac{\pi}{2}$ ومنه :

$x = 2 \times 10^{-2} \cos \left(5\pi t - \frac{\pi}{2} \right)$

ج - حساب قيمة السرعتين عند $t_0 = 0$ يتم المرور بوضع التوازن بسرعة عظمى ومنه :

$v = \omega_0 x_m = 5\pi \times 2 \times 10^{-2} = 0.314 m/s$

$t = T_0/4 \rightarrow v = 0, t = T_0/2 \rightarrow v = -0.314 m/s$

ندرس تجريبيا تأثير الكتلة m وثابت المرونة K السعة x_m على الدور الذاتي للهرزاز .

1 - تأثير السعة الابتدائية x_m

ثابتت قيمتي K, m

$K = 20N/m$ ، $m = 200g$

من اجل ثلاث قيم لـ x_m

نحصل على التسجيلات التالية :

ج - احسب القيم الثلاث للسعة .

ب - هل يتوقف الدور الذاتي T_0 للهرزاز

على السعة في مجال الدراسة

2 - تأثير الكتلة m

ثابتت قيمة K ($K = 20N/m$)

نحصل على التسجيلات

الثلاثة التالية من اجل ثلاث

قيم مختلفة للكتلة m هل يتوقف T_0

على الكتلة m اذا كان

الجواب بنعم كيف يتغير T_0 عندما تزداد الكتلة ؟

3 - تأثير ثابت لمرونة K بتثبيت قيمة m ($m = 200g$)

ومن اجل ثلاثة قيم مختلفة لـ K

نحصل على التسجيلات التالية :

هل يتوقف الدور الذاتي

للهرزاز على ثابت المرونة K

اذا كانت الاجابة بنعم ، كيف

يتغير مع ازدياد ثابت المرونة

4 - نقتح العلاقات التالية للدور T_0 :

(1) $T_0 = A \sqrt{\frac{m}{k}}$ (2) $T_0 = B \sqrt{\frac{m}{k}}$ (3) $T_0 = Ckm$ (4) $T_0 = D \frac{k}{m}$ (5) $T_0 = E \frac{k}{m}$

حيث A, B, C, D, E هي ثوابت بدون ابعاد .

ج - ما هي العلاقات التي يمكن حذفها اخذين بعين الاعتبار الإيجابيتين على المؤشرين 2 ، 3 ؟

ب - ما هي العلاقات التي يمكن حذفها بالتحليل البعدي ؟

ج - العلاقات الباقية حدد قيمة الثابت بالاستعانة بالتسجيلات السابقة .

الحل :

1 - ج - ما هي العلاقات التي يمكن حذفها اخذين بعين الاعتبار الإيجابيتين على المؤشرين 2 ، 3 ؟

ب - ما هي العلاقات التي يمكن حذفها بالتحليل البعدي ؟

ج - العلاقات الباقية حدد قيمة الثابت بالاستعانة بالتسجيلات السابقة .

الحل :

1 - ج - ما هي العلاقات التي يمكن حذفها اخذين بعين الاعتبار الإيجابيتين على المؤشرين 2 ، 3 ؟

ب - ما هي العلاقات التي يمكن حذفها بالتحليل البعدي ؟

ج - العلاقات الباقية حدد قيمة الثابت بالاستعانة بالتسجيلات السابقة .

الحل :

1 - ج - ما هي العلاقات التي يمكن حذفها اخذين بعين الاعتبار الإيجابيتين على المؤشرين 2 ، 3 ؟

ب - ما هي العلاقات التي يمكن حذفها بالتحليل البعدي ؟

ج - العلاقات الباقية حدد قيمة الثابت بالاستعانة بالتسجيلات السابقة .

الحل :

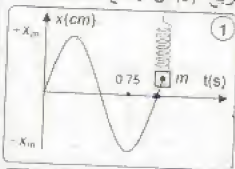
1 - ج - ما هي العلاقات التي يمكن حذفها اخذين بعين الاعتبار الإيجابيتين على المؤشرين 2 ، 3 ؟

ب - ما هي العلاقات التي يمكن حذفها بالتحليل البعدي ؟

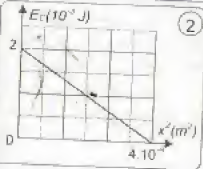
ج - العلاقات الباقية حدد قيمة الثابت بالاستعانة بالتسجيلات السابقة .

تمرين 9 :

ناض مرز مهميل الكتلة حلقاته غير متلاصقة ملحق شاقوليا، ثابت مرونته (K) ، تعلق به جسما صلبا (S) كتلته (m) فيسطيل بمقدار Δl عند التوازن. نزيح (S) عن وضع التوازن بصبه شاقوليا نحو الأسفل ثم نتركه بحاله دون سرعة ابتدائية.



- يمثل الشكل (1) التالي تسجيلا لحركة مركز عطالة الجسم (S) يظهر فيه تغيرات فاصلته x بدلالة الزمن t .
- عبر عن Δl عند التوازن بدلالة K, m, g .
- بين أن حركة مركز عطالة الجسم (S) مستقيمة جيبية.
- اكتب عبارة دور حركته وأصبت قيمته.
- بين أن الطاقة الحركية للجسم (S) تعكس العلاقة



- يمثل البيان التالي تغيرات الطاقة الحركية بدلالة مربع فاصله مركز عطالة الجسم (S) أثناء حركته، استعن بالبيانين لإيجاد φ (الصفحة الأتالية) K, m, x_m
- احسب سرعة مركز عطالة الجسم (S) عند المرور بنقطة فاصلتها 10cm بالاتجاه الموجب

الحل

1 - التعبير عن Δl عند التوازن بدلالة K, m, g :
بتطبيق القانون الأول لنيتون : $\sum \vec{F}_{ext} = 0 \rightarrow \vec{P} + \vec{F}_0 = \vec{0}$ بالانسلط على (Ox) :

$$\Delta l = \frac{mg}{K} \text{ و منه } P - F_0 = 0 \rightarrow mg - K \Delta l = 0$$

2 - كتابة المعادلة التفاضلية المحققة للفاصلة x :

بتطبيق القانون الثاني لنيتون : $\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a} \rightarrow \vec{P} + \vec{F} = m\vec{a}$
بالانسلط على (Oz) فإن : $P - F = ma$ حيث $F = k(\Delta l + x)$ ومنه

$$mg - k(\Delta l + x) = ma \rightarrow -kx = m\ddot{x} \text{ ومنه : } \ddot{x} + \frac{K}{m}x = 0 \text{ معادلة تفاضلية}$$

من الدرجة الثانية بدون طرف ثان حلليا : $x = x_m \cos(\omega_0 t + \varphi)$

الحركة مستقيمة جيبية نصلها : $\omega_0 = \sqrt{\frac{K}{m}}$

3 - عبارة الدور و قيمته : $\omega_0 = \frac{2\pi}{T_0} = \sqrt{\frac{K}{m}} \rightarrow T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{m}{K}}$

قيمته T_0 من البيان : $\frac{3}{4}T_0 = 0.75 \rightarrow T_0 = \frac{4 \times 0.75}{3} = 1\text{s}$

4 - إثبت أن $E_c = \frac{1}{2} m \omega_0^2 (x_m^2 - x^2(t))$ لدينا : $E_c = \frac{1}{2} m \omega_0^2 (x_m^2 - x^2(t))$ و منه

$$v = \frac{dx}{dt} = -x_m \omega_0 \sin(\omega_0 t + \varphi) \text{ وبالتعويض في عبارة } E_c = \frac{1}{2} m v^2 \text{ فإن}$$

$$E_c = \frac{1}{2} m x_m^2 \omega_0^2 \sin^2(\omega_0 t + \varphi) \text{ ولدينا : } \sin^2(\omega_0 t + \varphi) + \cos^2(\omega_0 t + \varphi) = 1 \text{ ومنه}$$

$$\sin^2(\omega_0 t + \varphi) = 1 - \cos^2(\omega_0 t + \varphi)$$

$$E_c = \frac{1}{2} m x_m^2 \omega_0^2 (1 - \cos^2(\omega_0 t + \varphi)) = \frac{1}{2} m \omega_0^2 (x_m^2 - x^2 \cos^2(\omega_0 t + \varphi))$$

$$E_c = \frac{1}{2} m \omega_0^2 (x_m^2 - x^2(t)) \text{ ومنه :}$$

5 - إيجاد قيم كل من m, k, x_m, φ بالاستعانة بالبيانين : من البيان (2) فإنه لما

$$x = x_m \text{ فإن } E_c = 0 \text{ وعندئذ يكون : } x_m = 2 \times 10^{-2} \text{ m} \rightarrow x_m = 2 \times 10^{-2} \text{ m}$$

لما $x = 0$ فإن E_c عظمى و تساوي الطاقة الكلية للجسم و تساوي الطاقة الكامنة المرونية

$$E_c = E_{pm} = \frac{1}{2} k x_m^2 = 2 \times 10^{-3} \text{ J} \text{ ومنه : } k = \frac{4 \times 10^{-3}}{x_m^2} = 10 \text{ Nm}^{-1}$$

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{K}{m}} = \frac{2\pi}{T_0} \rightarrow m = \frac{T_0^2 K}{4\pi^2} = \frac{1 \times 10}{6.28^2} = 0.25 \text{ kg}$$

$$\text{إيجاد } \varphi : \text{ عند } t = 0 \text{ فإن } x = 0 \text{ ومنه : } x_m \cos \varphi = 0 \rightarrow \cos \varphi = 0 \text{ أو } \varphi = \frac{\pi}{2} \text{ أو } \varphi = \frac{3\pi}{2}$$

$$\text{ولدينا } v = -x_m \omega_0 \sin(\omega_0 t + \varphi) > 0 \text{ ومنه فإن (1) } \varphi = \frac{\pi}{2}$$

6 - حساب سرعة الجسم عند المرور من الفاصله $x = 10\text{cm}$: من البيان (2) فإنه عند

$$x = 10\text{cm} \text{ فإن } \frac{1}{2} m v^2 = 1.6 \times 10^{-3} \text{ J} \text{ ومنه :}$$

$$v = \pm \sqrt{\frac{2E_c}{m}} = \pm \sqrt{\frac{2 \times 1.6 \times 10^{-3}}{0.25}} = \pm \sqrt{12.8 \times 10^{-3}} = \pm 0.11 \text{ m/s}$$

$$\theta(t) = \theta_m \cos(\omega_0 t + \varphi)$$

3-3 - عبارة الدور الذاتي للحركة T_0 :

لدينا: $\theta(t) = \theta_m \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} t + \varphi\right)$ بالاشتقاق بالنسبة للزمن يكون:

$$\dot{\theta} = \frac{d\theta}{dt} = -\theta_m \frac{2\pi}{T_0} \sin\left(\frac{2\pi}{T_0} t + \varphi\right) \quad \text{و} \quad \ddot{\theta} = \frac{d^2\theta}{dt^2} = -\theta_m \frac{4\pi^2}{T_0^2} \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} t + \varphi\right)$$

و بالتعويض في عبارة المعادلة التفاضلية (2) نجد:

$$-\theta_m \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} t + \varphi\right) + \frac{g}{T_0^2} \theta_m \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} t + \varphi\right) = 0 \quad \text{فإن} \quad \theta_m \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} t + \varphi\right) \left(-1 + \frac{g}{T_0^2}\right) = 0$$

$$\left(-1 + \frac{g}{T_0^2}\right) \theta_m \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} t + \varphi\right) = 0 \quad \text{ومنه:} \quad \frac{g}{T_0^2} - 1 = 0 \quad \text{ومنه:} \quad T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{I}{g}}$$

الدور الذاتي لأعلاقة له بسعة الحركة θ_m ، بينما يتعلق بالطول l ويتسارع الجاذبية g .

3-4 - دور وتواتر الاهتزازات صغيرة السعة:

نعتبر أن حركة التماس السبب غير متخادعة خلال مدة زمنية صغيرة.

- دور التماس الذاتي T_0 هو المدة الزمنية التي تفصل بين مرورين متتاليين لمركز عطلة G من نفس الموضع و في نفس الاتجاه.

- تواتر الاهتزازات صغيرة السعة: تكون الاهتزازات صغيرة السعة متوافقة (أي نفس الدور) إذا كان $\theta_m < 10^\circ$

و تكون حركة التماس السبب دورية جيبية.

- لا يتعلق دور التماس السبب بكتلته من أجل السعات الصغيرة θ_m .

- يتكادس دور التماس السبب طرديا مع الجذر التربيعي لطوله l .

$$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{I}{g}}$$

علاقة دور التماس السبب غير المتخادع

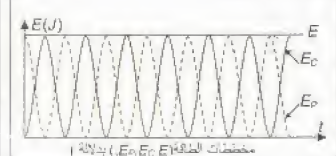
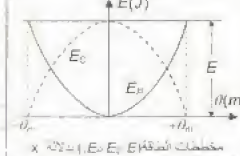
السرعة والتسارع الزاويين:

$$\dot{\theta}(t) = \theta_m \cos(\omega_0 t) \quad \text{المطال الزاوي:}$$

$$\ddot{\theta}(t) = -\omega_0 \theta_m \sin(\omega_0 t) \quad \text{السرعة الزاوية:}$$

$$\ddot{\theta}(t) = -\omega_0^2 \theta_m \cos(\omega_0 t) = -\omega_0^2 \dot{\theta}(t) \quad \text{التسارع الزاوي:}$$

مخططات الطاقة



2-3 - النواس الثقلي

θ - النواس الثقلي المركب: هو كل جسم صلب يهتز حول محور أفقي لا يمر من مركز عطالته.

وضع النوار: ويتحقق وضع التوازن لما: $\vec{P} + \vec{R} = \vec{0}$

أي أن \vec{P} و \vec{R} لهما نفس الحامل (شاقول مركز عطلة النواس G) ونميز حالتين: 1 - توازن حرج G أعلى محور الدوران إذا أزيح الجسم عنه لا يعود إليه.

2 - توازن مستقر أسفل محور الدوران إذا أزيح الجسم عنه يعود إليه.

اهتزازات النواس الثقلي: - في غياب قوى الاحتكاك تكون حركته جيبية دورية دورها الذاتي (T_0) من أجل السعات الصغيرة $\theta_m < 15^\circ$.

- وجود قوى الاحتكاك تكون حركته شبه دورية (شبه الدور T يساوي تقريباً T_0) في حالة التخميدات الصغيرة.

نواران مستقر

نواران مستقر

3- النواس الثقلي البسيط

يتكون من جسم نقطي كتلته m معلق بخيط مهمل الكتلة و عديم الامتصاص طوله l .

3-1 - حركة النواس البسيط:

تزيح النواس عن وضع توازنه المستقر بزاوية θ_0 تسمى السعة الزاوية ثم نتركه دون سرعة ابتدائية في اللحظة

$t = 0$ نفهم بانهتزازات على جانبي وضع التوازن فيكون مسار الكتلة m جزء من دائرة مركزها O (نقطة التعليق) ونحدد موضعها في اللحظة t بالزاوية $\theta(t)$ التي تدعوها بالمطال الزاوي أو الفاصلة الزاوية.

3-2 - المعادلة التفاضلية المعقدة للمطال الزاوي θ :

باعتبار الجسلة (أرض+كرة) فإن الحصلة الطاقوية بين الوضع 1 والوضع 2 حيث تستقبل الحصلة أو تفقد طاقة عن طريق تحويل ميكانيكي W_T (عمل قوة التوتر) الناتج عن قوة التوتر حيث نكتب معادلة انحفاظ الطاقة بالعلاقة: $E_{p01} + E_{c1} + W_T = E_{p02} + E_{c2} \dots (1)$

معطوم في كل لحظة (لأنه عمودي على الانزياحات العنصرية المستقيمة)

- الوضع 1: $E_{c1} = 0$ معطوم $E_{p1} = mgh_1 = mgl(1 - \cos\theta_m)$ ، $\dot{\theta} = d\theta/dt$ حيث: $E_{c2} = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}ml^2\dot{\theta}^2$

- الوضع 2: $E_{p2} = mgh_2 = mgl(1 - \cos\theta)$ ، $E_{c2} = 0$ بالتعويض في العلاقة (1) نجد:

$$mgl(1 - \cos\theta_m) + 0 = mgl(1 - \cos\theta) + \frac{1}{2}ml^2\dot{\theta}^2$$

$$g(1 - \cos\theta_m) = g(1 - \cos\theta) + \frac{1}{2}l\dot{\theta}^2$$

$$g \sin\theta + l\ddot{\theta} = 0 \quad \text{ومنه:} \quad 0 = g \sin\theta + l\ddot{\theta} \quad \text{معادلة تفاضلية لا تقيلا حلا جيبيا.}$$

$$\ddot{\theta} + \frac{g}{l}\theta = 0 \quad \text{ومنه:} \quad g\theta + l\ddot{\theta} = 0 \quad \text{ومنه:} \quad \sin\theta \approx \theta \quad \text{من أجل السعات الصغيرة:}$$

$$\ddot{\theta} + \frac{g}{l}\theta = 0 \quad \text{ومنه:} \quad g\theta + l\ddot{\theta} = 0 \quad \text{ومنه:} \quad \sin\theta \approx \theta \quad \text{من أجل السعات الصغيرة:}$$

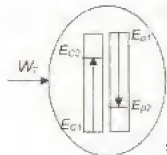
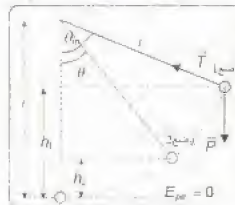
$$\ddot{\theta} + \frac{g}{l}\theta = 0 \quad \text{ومنه:} \quad g\theta + l\ddot{\theta} = 0 \quad \text{ومنه:} \quad \sin\theta \approx \theta \quad \text{من أجل السعات الصغيرة:}$$

$$\ddot{\theta} + \frac{g}{l}\theta = 0 \quad \text{ومنه:} \quad g\theta + l\ddot{\theta} = 0 \quad \text{ومنه:} \quad \sin\theta \approx \theta \quad \text{من أجل السعات الصغيرة:}$$

$$\ddot{\theta} + \frac{g}{l}\theta = 0 \quad \text{ومنه:} \quad g\theta + l\ddot{\theta} = 0 \quad \text{ومنه:} \quad \sin\theta \approx \theta \quad \text{من أجل السعات الصغيرة:}$$

$$\ddot{\theta} + \frac{g}{l}\theta = 0 \quad \text{ومنه:} \quad g\theta + l\ddot{\theta} = 0 \quad \text{ومنه:} \quad \sin\theta \approx \theta \quad \text{من أجل السعات الصغيرة:}$$

$$\ddot{\theta} + \frac{g}{l}\theta = 0 \quad \text{ومنه:} \quad g\theta + l\ddot{\theta} = 0 \quad \text{ومنه:} \quad \sin\theta \approx \theta \quad \text{من أجل السعات الصغيرة:}$$



- النظام الذي يمدد عمل نابضا حلزونيا كما في بعض الساعات اليدوية.
- المعاكس الكهربائي الذي يمتد رنانة .

تمارين

تمرين 1

- 1- في حالة النظام العن المسجل الشبه دوري .
 a - التخميد ضعيف ، b - التخميد معتبر ، c - التخميد يرجع للحرارة
 d - يساوي شبه الدور في النظام شبه دوري الدور الثاني

2- العلاقة $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$ تنطبق اذا توفرت عدة شروط

- a- يجب ان يكون اللواس بسيطاً
- b- يجب ان يكون قوى الاحتكاك مهملة
- c- يجب ان يكون سعة الاهتزازات ضعيفة
- d- يجب ان تكون الاهتزازات حرة

3- نواسان (A) و (B) طولهما L_1 و L_2 ثوابتهما k_1 و k_2 اللذان يحققان العلاقة

$\frac{1}{T_1} = \frac{1}{T_2}$ اذا كان النواس الاول يقوم باهتزازات ثلث مغاير اهتزاز واحد للنواس الثاني فان

$\frac{L_1}{L_2} = \frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{4\pi^2 m_1}{k_1} \cdot \frac{k_2}{4\pi^2 m_2} = \frac{m_1 k_2}{m_2 k_1}$

الحل

1- a < b < c < d
 2- a < b < c < d
 3- $\frac{L_1}{L_2} = \frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{4\pi^2 m_1}{k_1} \cdot \frac{k_2}{4\pi^2 m_2} = \frac{m_1 k_2}{m_2 k_1}$

تمرين 2

1- عرّفه دور ونواثر اهتزاز نواس بسيط.

2- خلال اهتزاز نواس بسيط حصلنا على البيان

التالي والذي يمثل تغير المعامل الزاوي بدلالة الزمن.

حدد دور ونواثر هذه الاهتزازات.

الحل

1- الدور T : هو المدة الزمنية لاهتزاز واحد ونقتر باللاتينية s

النواثر f : هو عدد الاهتزازات في الثانية ويقتر بالهيرتز Hz

2- من البيان : لدينا : $T = 0.25s \rightarrow 0.5s \rightarrow 2T$

النواثر : $f = 1/T = 1/0.25 = 4Hz$

تمرين 3

لدينا نواس بسيط كتلته $m = 200g$ وطوله $l = 1m$ نزيحه عن وضع

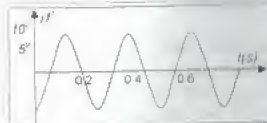
توازيه بزاوية θ ثم نتركه دون سرعة ابتدائية .

1- ما هو الشرط الذي يتحقق حتى يكون دور الاهتزاز لا يتغير بسعة الحركة؟

2- ما الصيغة الحركية للدور الذاتي لاهتزازات النواس البسيط؟

b- نتحقق من تجانس علاقة الدور .

c- احسب قيمة الدور والنواثر علما ان شدة جاذبية $g = 9.80ms^{-2}$



3- 5- الاهتزازات الحرة المتذبذبة :

a- حالة التخميد الضعيف : النظام شبه دوري .

التناقص سعة اهتزازات النواس البسيط وتصبح حركته

شبه دورية يقترب شبه الدور T بالدور الذاتي T_0 كلما كان

التخميد ضعيفا $Pseudo - Periodique$.

b- حالة التخميد المعتبر : النظام اللا دوري .

عندما تكون الاحتكاكات معتبرة لا يظهر الجملة

و تعود الى وضع التوازن بسرعة و حركتها لا دورية .

c- حالة التخميد القوي : النظام المخرج .

عندما تكون الاحتكاكات كبيرة لا يظهر الجملة

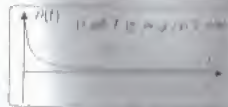
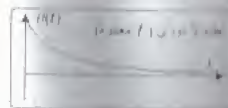
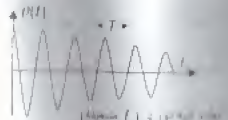
و تعود الى وضع

التوازن بسرعة

كبيرة وبالقصر

مدة و حركتها

لا دورية .



4- تغذية الاهتزازات الميكانيكية

تغذية الاهتزازات الميكانيكية

النظام اهتزازات التبرار الميكانيكي الحر اذا لم يزود بالطاقة من الوسط الخارجي بعد وضعه

في حالة حركة بسبب الاحتكاكات ، فالنظام هو فقدا طاقة من قبل الوسط الخارجي

والخارجي ومن اجل الحصول على اهتزازات تقوم بتعويض الطاقة الضائعة شهريا في كل لحظة

أما في :

- اهتزاز رفاض الساعة الميكانيكية ، يمدى بتدعيم طاقة

ميكانيكية عن طريق رفع ثقال وزيادة ارتفاعها وانشاء

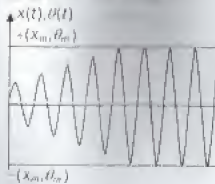
مروبطها تنقص طاقتها الدائمة الميكانيكية محقة

تدريجا تدريجيا للطاقة نحو تعويض الساعه .

- ساعات اليد الميكانيكية والمصنوعات الميكانيكية تحتوي

نوايض حلزونية تشكل خزان الطاقة يكون دور التبرار

المعتدلي مساويا للدور الذاتي للتبرار الحر غير المتناقص .



في حالة النواس البسيط $T = T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$

في حالة النواس المر $T = T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$

تم تغذية حرار باندليم طاقة للجملة المهتزة

بنفس الدور الذاتي $T = T_0$ نفس دون احتما

سحرش خارجي $Externeur externeur$.

خارجي تم تغذية الاهتزازات باجهزة مثل :

النظام الذي يعتمد على سلك نا كما في الساعات الميكانيكية

الحل

- 1- تتخامد اهتزازات النواس لو جود احتكاكات.
- 2- الاسم الذي يمكن إعطاؤه للدور T هو شبه الدور .
- 3- نسمي المدة المقاسة بواسطة T_0 الدور الذاتي للميقاتية.

4- لدينا $T = T_0 \left(1 - \frac{\delta^2}{2\pi^2} \right)$ ومنه: $T - T_0 = -T_0 \frac{\delta^2}{2\pi^2}$ $T = T_0 - T_0 \frac{\delta^2}{2\pi^2}$

الميفاتية تقف الثانية أي دورها $T_0 = 2s$ و $\Delta T = |T - T_0|$ يمثل التأخر الزمني خلال

وروقمته: $\Delta T = 2 \frac{(2 \times 10^{-2})^2}{2\pi^2} = 4 \times 10^{-5} s$ ويكون التأخر الزمني خلال

يوم $\Delta t_1 = \frac{4 \times 10^{-5}}{T_0} \times 86400 = 1.73 s$

ويكون التأخر الزمني خلال أسبوع هو: $\Delta t = 7 \Delta t_1 = 1.73 \times 7 = 12 s$

5- الطاقة التي يجب تقديمها للجسم كل أسبوع: $E = mgh = 2 \times 9.8 \times 2 = 39.2 \text{ joules}$

تمرين 6

نواس بسيط يتكون من ثريا $lustre$ كتلتها $m = 12 \text{ kg}$ معلقة بواسطة حبل طوله l في مستودع

يقوم بحركات اهتزازية ضعيفة في مكان تكون فيه شدة الجاذبة $g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$.

1. ما هي القيمة العظمى للسرعة الزاوية حتى يقوم النواس بحركة اهتزازية دورية ؟
2. ما هي العلاقة الحرفية لدور الاهتزازات ؟
3. قيس زمن 10 اهتزازات فوجد مساويا 69.5 s احسب الطول l للنواس عندئذ.

الحل

1. للحصول على اهتزازات صغيرة السعة يجب أن يكون المطال الزاوي الاعظمي $\theta_{\max} \leq 10^\circ$

2. العلاقة الحرفية لدور الاهتزازات: $T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$

3. حساب طول النواس: الدور الذاتي للنواس: $T_0 = 69.5 / 10 = 6.95 s$ $t = 10T_0 \rightarrow T_0 = t / 10$

لدينا: $l = \frac{g T_0^2}{4\pi^2} = \frac{9.8 \times (6.95)^2}{4 \times 3.14} = 11.99 s = 12 s$ ومنه: $T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \rightarrow T_0^2 = 4\pi^2 \frac{l}{g} \rightarrow l = \frac{g T_0^2}{4\pi^2}$

تمرين 7

لتحديد شدة الجاذبة g في مكان ما اقترح باحث استعمال نواس بسيط يتكون من خيط عديم

الامتطاط طوله $l = 0.49 \text{ m}$ وكرة حديدية قطرها $d = 1 \text{ cm}$.

a. لماذا تعتبر هذا النواس بسيطا ؟

b. ما هي المسافة الموافقة لطول النواس البسيط ؟

c. لماذا استعمل الباحث كرة حديدية ؟

2. قرر الباحث قياس زمن 20 اهتزازة .

a. لماذا اختار الباحث قياس زمن 20 اهتزازة ؟

b. ما هو المطال الزاوي الابتدائي الذي يعطيه الباحث للهباز ؟

3. استعمل الباحث كرونومتر فحصل على النتائج التالية:

28.2	28.4	27.8	29.1	28.5	28.3	29.0	27.6	28.0	28.7
27.6	28.2	28.1	28.3	29.0	27.8	28.0	27.9	28.8	28.0

الحل

1. يكون دور الاهتزاز غير متعلق بسرعة الحركة ولا بكتلة النواس من أجل الساعات الصغيرة. ($\theta \leq 10^\circ$)

2. a. العبارة الحرفية لدور الذاتي للنواس: $T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$

b. التحقق من تجانس هذه العلاقة: الطرف الاول: $[T_0] = [s]$

الطرف الثاني: 2π ليس له وحدة .

$\sqrt{\frac{l}{g}} = (l)^{1/2} (g)^{-1/2} \rightarrow [l]^{1/2} [g]^{-1/2} = [m]^{1/2} [ms^{-2}]^{-1/2}$

ومنه فالعلاقة متجانسة. $[m]^{1/2} [ms^{-2}]^{-1/2} = 1 [s] = [s]$

c. حساب قيمة الدور والنوتر: $T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} = 2\pi \sqrt{\frac{1}{9.8}} = 2s$ $f = \frac{1}{T_0} = \frac{1}{2} = 0.5 \text{ Hz}$ $T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$ $f = \frac{1}{T_0}$

تمرين 4

نفسح تطور المطال الزاوي لنواس بسيط بدلالة الزمن

ثلاثة تجارب مختلفة فحصل على الشكل المقابل:

1. ما هي الظاهرة التي تبرزها كل حالة ؟
2. ما هي التغيرات التي نعرضها على التجديز
3. ارفق بكل تمثيل بدائي نظام اهتزاز موافق له .
4. رتب هذه التسجيلات حسب تزايد تخامدها

الحل

1. الظاهرة التي تبرزها المنحنيات الثلاث هي ظاهرة التخامد.
2. للمرور من حالة الى اخرى تغير الاحتكاكات مثلا بتثبيت كتلة مجنحة على كتلة النواس.
3. البيئات a, b يمثلان النظام للثية دوري . بينما البيتان c يمثل النظام اللاتوري.
4. كلما كان التخامد معتبر كانت سعة الاهتزازات اصغر ومنه الترتيب حسب تزايد التخامد :

تزايد التخامد
c . b . a

تمرين 5

نواس ميفاتية حركة دورية دورها T ، عندما

لاغذي حركة النواس تتخامد اهتزازاته ودور

حركة النواس يمكن إعطاؤه بالعلاقة:

$T = T_0 \left(1 - \frac{\delta^2}{2\pi^2} \right)$

1- لماذا تتخامد اهتزازات النواس ؟

2- ما هو الاسم الذي يمكن إعطاؤه للدور T ؟

3- عمليا نسمي δ التناقص اللوغارتمي . وهو

صغير جدا . كيف نسمي المدة المقاسة بواسطة T_0 ؟

- 4- لدينا $\delta = 0.02$ ، نغير ميفاتيتين دور نواسهما T و T_0 ما هو تأخر الميفاتية الاولى بالنسبة للميفاتية الثانية خلال أسبوع ؟

5- تتم تغذية الاهتزازات بواسطة جسم صلب

معلق بواسطة حبل ملفوف على اسطوانة ،

نعيد رفع الجسم (S) على الاقل مرة خلال

أسبوع .

علما بان كتلته $m = 2.0 \text{ kg}$ يهبط

ارتفاعا 1.5m احسب الطاقة التي تقدم للميفاتية كل أسبوع .

احسب القيمة المتوسطة \bar{t} للقياسات .
احسب دقة القياس .

حل
نعتبر النواس بسيطا لأن قطر الكرة $d = 1cm$ صغيرا أمام طول النواس $l = 0.49m$.
طول النواس البسيط = المسافة بين نقطة التعليق ومركز عطالة الكرة
 $r' = 49 \times 0.5 = 49.5cm = 0.495m$

استعمل الباحث كرة حديدية للتقليل من دافعة أرخميدس ومقاومة الهواء .

8. اختار الباحث قياس زمن 20 اهتزازة للتقليل من الأخطاء وتحسين دقة القياس .

المثال الترواي الابتدائي الذي يعطيه الباحث للزوا هو : $\theta_0 \leq 10^\circ$

9. حساب القيمة المتوسطة \bar{t} للقياسات : $t = \sum_{n=1}^N t_n = 28.265s = 28.30s$

10. حساب دقة القياس : $\Delta t = t_{max} - t_{min} = 29.1 - 27.6 = 1.5s \rightarrow \Delta t / t = 1.5 / 28.3 = 0.05$

8مرين

دراسة نواس بسيط

نواس بسيط طوله $l = 0.495m$ يقوم بحركات اهتزازية صغيرة السعة في مكان تكون فيه شدة الجاذبية $g = 9.805ms^{-2}$.

- مى تكون الحركات الاهتزازية صغيرة السعة ؟
- لماذا نحدد بقاء يقوم باهتزازات صغيرة السعة ؟
- بواسطة التحليل البعدي أوجد علاقة الدور الذاتي T_0 للنواس البسيط بدلالة المقادير المميزة له .
- أذكر بروتوكولا تجريبيا يسمح بتحديد القيمة العددية ثابت علاقة الدور بدقة كبيرة .
- احسب الدور الذاتي لهذا النواس البسيط .

11 تأثير الطول

حقق مجموعة من النواص بواسطة خطوط مختلفة الطول l وبكرة حديدية قطرها $D = 18mm$.

- عرف الطول l للنواس .
- ما الشرط الذي يتحقق لكي تماثل هذه النواصات النواس البسيط ؟
- ما هو طول الخيط الموافق للنواس البسيط الموصوف في 1 ؟
- ما هو الطول الذي يأخذه النواس لكي يصبح دوره ضعف الدور T_0 المحسوب في 1 ؟

III تأثير حمل الجاذبية .
حقق نولسا عن طريق متحرك ذاتي *autoporteur* مثبت بواسطة خيط الى نقطة ثابتة مختارة وجعله يهتز على طاوله مائلة مختار طول النواس بحيث يكون دور اهتزازاته في المستوي الشاقولي يساوي الدور المحسوب في 5.1 من أجل زوايا مختلفة للطاوله نقيس زمن 10 اهتزازات صغيرة السعة فنحصل على النتائج التالية :

أكمل الجدول	90	70	50	30	20	10	زاوية الانحراف α بالدرجة
1. استنتج العلاقة الحرفية للدور T للنواس المهتز على الطاوله المائلة		14.6	16.1	20.0	24.1	33.9	الزمن بالثانية
							الدور T بالثانية
							$T^2 \sin \alpha$

بدلالة دور النواس الشاقولي T_0 وزاوية ميل الطاوله α .

الحل

- تكون الحركات الاهتزازية صغيرة السعة عندما لا تتعدى سعة اهتزازاته 10° .
- نحدد بأنه يقوم باهتزازات صغيرة السعة لأن دور الاهتزازات لا يتعلق بالسعة في هذه الحالة .

3. لدينا : $[T_0] = [s]$ و $[T] = [m] [s^2] = [s^2]$ $\rightarrow \left[\frac{T}{g} \right] = \left[\frac{[m]}{[m] [s^2]} \right] = [s^2]$ $\rightarrow [T] = [m]$, $[g] = [m] [s^2]$

لأن : $\left[\frac{T}{g} \right] = [s]$ ومنه : $T_0 = k \sqrt{\frac{l}{g}}$

4. لتحديد القيمة العددية لـ k بدقة كبيرة نحسب زمن 20 اهتزازة لنواص بسيطة مختلفة ثم نستنتج قيمة T_0 ثم القيمة المتوسطة للسعة $T_0 / (l/g)^{1/2}$ فنجد : $k \approx 6.28$

5. حساب الدور الذاتي للنواس : $T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} = 6.28 \sqrt{\frac{0.495}{9.805}} = 1.41s$

1.1. طول النواس البسيط هو المسافة بين نقطة التعليق ومركز الكرة : $L = l + D/2 = l + R$

2. حتى يكون النواس ممائلا لنواس بسيط يجب أن يكون : $R \ll L$ $(R/L = 2/100)$

3. حساب طول النواس : $L = l + R = 0.495 + 0.009 = 0.486m$

4. لدينا : $T^* = 27T_0$ ومنه $T^* = 27 \times 1.41s = 38.07s$ $\rightarrow T^* = 27T_0$ $\rightarrow T = 27T_0 / 27 = T_0$

وطول النواس : $L = l + R = 1.980 + 0.009 = 1.97m$

III. 1. إكمال الجدول :

زاوية الانحراف α بالدرجة	10	20	30	50	70	90
الزمن بالثانية	33.9	24.1	20.0	16.1	14.6	14.1
الدور T بالثانية	3.39	2.41	2.00	1.61	1.46	1.41
$T^2 \sin \alpha$	2.00	1.99	2.00	1.99	2.00	1.99

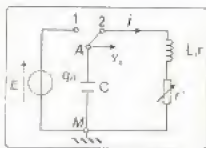
2. من الجدول نلاحظ أن $T^2 \sin \alpha$ مقدار ثابت و يساوي T_0^2 . $(T_0^2 = T^2 \sin \alpha)$

ومنه : $T = \frac{T_0}{\sin \alpha}$ حيث $T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$

3. عبارة الجاذبية : لدينا : $g' = g \sin \alpha \leftarrow T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g \sin \alpha}}$

الاهتزازات الحرة لجملة كهربائية

في الدراسة التجريبية: تفريغ مكثفة في وشيعة في الدارة التالية التي تحتوي مكثفة سعيا (C) ونقال أومي (R) وشيعة ذاتيتها (L) مقاومتها (r) على التسلسل ون المقاومة الكلية للدارة $R = r + r'$ سلك النقطة A بالمدخل V_A لرسم الاهتزاز المهبلي. من المكثفة بوضع القاطعة في الوضع (1) فيكون التوتر بعد نها $U_C = U_0$ اللحظة $t = 0$ نؤرجح القاطعة إلى الوضع (2) (دارة R.L.C) فيحدث تفريغ للمكثفة في وشيعة وفي النقال الأومي.



أجل قيمة صغيرة للمقاومة $R = r + r'$ نشاهد على شاشة سم الاهتزازات اهتزازات متخادمة للتوتر الكهربائي بين يدي المكثفة حيث تتناقص سعته مشكلة اهتزازات حرة متخادمة شبيه دورية.

الأنظمة الثلاثة الحرة للدارة R.L.C على التسلسل:

قبل طبيعة النظام الجدر المشاهد على قيمة المقاومة $R = r + r'$ وتبعاً لذلك نميز 3 أنظمة:

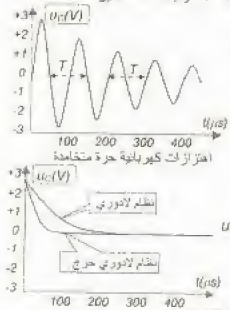
1- النظام الشبه دوري : نلاحظ هذا النظام عندما ن المقاومة الدارة ضئيلة حيث تتناقص سعة الاهتزازات ويبدأ ويكون شبه الدور T مستقلاً عن $R = r + r'$ ير السعة والذاتية على شبه الدور T :

داد شبه الدور T للدارة R.L.C بزيادة سعة المكثفة C ضنا بزيادة ذاتية الشبيعة L.

2- النظام اللا دوري: عندما تكون مقاومة الدارة معتبرة مكثفة تتفرغ بدون أن يقدم التوتر U_C اهتزازات ويؤول ريجيا إلى الصفر.

3- النظام الحرج : هو نظام لا دوري نعدم فيه التوتر U_C أقصر مدة ويدعى أيضا بنظام لا دوري حرج.

يتم المقاومة في هذا النظام التي ينتهي عندها النظامين $R = R_c$ المقاومة الحرجة.



الأنظمة الثلاثة الحرة للدارة R.L.C على التسلسل في النظام الحرج:

مذج الدارة R.L.C على التسلسل بـ 3 عناصر كهربائية متتالية:

كثافة سعيا C، وشيعة ذاتيتها L، ونقال أومي مقاومته R جه الدارة بتحديد جهة التيار (شدة التيار موجبة إذا كان اتجاهه افق الانجاه المختار).

طبق قانون جمع التوترات فإن: $U_C + U_R + U_L = 0$(1)

نشت: $U_C = \frac{q}{C} \Rightarrow q = U_C \cdot C$ و $i = \frac{dq}{dt}$ و $U_L = L \frac{di}{dt}$ و $U_R = R i$

ولدينا $i = \frac{dq}{dt} = C \frac{dU_C}{dt}$ ومنه: $U_L = LC \frac{d^2 U_C}{dt^2}$ و $U_R = R i = RC \frac{dU_C}{dt}$

وبالتعويض في المعادلة (1) نجد: $LC \frac{d^2 U_C}{dt^2} + RC \frac{dU_C}{dt} + U_C = 0$

(2) وهي المعادلة التفاضلية للدارة R.L.C في النظام الحر

بعد التخماد الذي يحدد حسب قيمة R طبيعة النظام المشاهد.

4- دراسة الدارة L.C:

ندرس الدارة L.C المكونة من مكثفة سعيا C وشيعة ذاتيتها L نعتبرها متتالية أي مقاومتها معدومة، هذه الحالة نظرية لا يمكن تحقيقها عمليا.

المكثفة مشحونة في البداية والتوتر بين طرفيها $U_C = U_0$

شحنها: $q_0 = C U_0$ تربطها في اللحظة $t = 0$ بالوشيعة المتتالية.

1.4 المعادلة التفاضلية المحققة لـ U_C : بتطبيق قانون جمع التوترات فإن: $U_C + U_L = 0$

وبالتالي تأخذ المعادلة (2) الشكل: $LC \frac{d^2 U_C}{dt^2} + U_C = 0$ (3) وهي معادلة تفاضلية من الدرجة الثانية للتوتر U_C بدلالة الزمن وبدون طرف ثان أهم فيها التخماد.

4-2 حل المعادلة التفاضلية:

نقبل المعادلة التفاضلية $LC \frac{d^2 U_C}{dt^2} + U_C = 0$ حلا من الشكل: $U_C = A \cos(\frac{2\pi}{T_0} t + \varphi)$

T_0 هي ثابت و $\frac{2\pi}{T_0} t + \varphi$ الصفحة في اللحظة t و φ الصفحة في اللحظة $t = 0$

4-3 تحديد الدور الذاتي T_0 :

نشتق U_C مرتين بالنسبة للزمن ونعوض في العلاقة (3):

$\frac{d^2 U_C}{dt^2} = -A \frac{4\pi^2}{T_0^2} \cos(\frac{2\pi}{T_0} t + \varphi) \Rightarrow LC \frac{d^2 U_C}{dt^2} + U_C = 0$

$-A \frac{4\pi^2}{T_0^2} \cos(\frac{2\pi}{T_0} t + \varphi) + A \cos(\frac{2\pi}{T_0} t + \varphi) = 0$

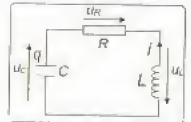
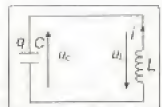
ومنه: $\left(-\frac{4\pi^2}{T_0^2} + \frac{1}{LC} \right) A \cos(\frac{2\pi}{T_0} t + \varphi) = 0$

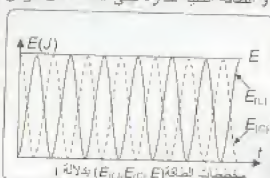
ومنه: $\frac{4\pi^2}{T_0^2} = \frac{1}{LC} \Rightarrow T_0 = 2\pi \sqrt{LC}$ وهو الدور الذاتي للاهتزازات الحرة غير المتخادمة للدارة L.C، وهو يتوقف على المتغيرين L.C.

4-4 تحديد φ :

تحدد φ انطلاقاً من الشروط الابتدائية: شدة التيار معتمدة قبل غلق الدارة أي: $i(t=0) = 0$

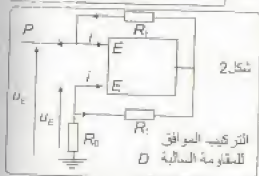
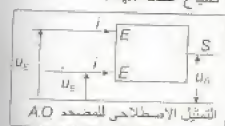
ولدينا: $i = \frac{dq}{dt} = C \frac{dU_C}{dt} = -A \frac{2\pi C}{T_0} \sin(\varphi) = 0$ ومنه: $i = \frac{dq}{dt} = C \frac{dU_C}{dt}$





الكهربائية الكلية المخزنة في الدارة تتناقص خلال الزمن وتضعف بشكل حراره بفعل جول في المقاوم الأومي والنواقل المقاومة في الدارة. R غير مهملة نوافق التظلمير شبه النوري (اللازري).

فشاهد نظاما شبه دوري والذي يتناقص سعة اهتزازاته بمرور الزمن.
 R. تأخذ فيما سنعرضه نظاما لا دوري والذي يكون فيه ضمايح الطاقة مهما.



A circuit diagram showing a variable capacitor with capacitance D in parallel with a resistor R_0 . This combination is in series with a capacitor C and a resistor r' . The input voltage is u_i and the output voltage is u_L . The current through the capacitor C is i and the current through the resistor r' is i_L .

$$R = r + r' \quad L \frac{dq^2}{dt^2} + (R - R_0) \frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} = 0$$

$$L \frac{dq^2}{dt^2} + R_{eq} \frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} = 0 \rightarrow R_{eq} = R - R_0$$

ولدينا : $u_C(t=0) = u_m$ ومنه $u_C = A \cos(0) = u_m$ ومنه : $A = u_m$ ويمثل القيمة العظمى للتوتر أو السعة، ويكون التوتر بين طرفي المكثف للدارة LC الحرة هو :

أي أن الاهتزازات الكهربائية للمدارة L.C جيبية . $u_C = u_m \cos \frac{2\pi}{T_0} t$

لدينا : $q(t) = C U_c(t)$ ، ومنه : $q(t) = C U_m \sin\left(\frac{2\pi}{T_0} t\right)$

$$i(t) = i_m \sqrt{\frac{C}{L}} \sin\left(\frac{2\pi}{T_0} t\right) \quad \text{و منه } i = \frac{dq}{dt} \quad \text{و لنجد:}$$

التوتر u_C وشدة التيار i في الدارة $L.C$ دالتين جيبيتيتين في الزمن

التحليل البعدي للدور الذاتي:

يبين أن المقدار $T_0 = 2\pi \sqrt{LC}$ متجانس مع الزمن

١٠٠ - الدراسة الطاقوية :

4-1 الحصة الطاقوية

نكتب المعادلة التفاضلية المعبرة عن تطور الدارة RLC في النظام الحر:

$$L \frac{di}{dt} + Ri + \frac{q}{C} = 0$$

بضرب العلاقة في $i = \frac{dq}{dt}$ نجد : $Li \frac{di}{dt} + Ri^2 + \frac{q}{C} \frac{dq}{dt} = 0$ والتي يمكن كتابتها بالشكل

$$R_1^2 + \frac{d}{dt} \left(\frac{L i^2}{2} + \frac{q^2}{2C} \right) = 0 \quad ; \quad \text{وأيضاً} \quad L \frac{d}{dt} \left(\frac{i^2}{2} \right) + R_1 i^2 + \frac{1}{C} \frac{d}{dt} \left(\frac{q^2}{2} \right) = 0$$

حيث: $E_{\text{cl}}(t) = \frac{1}{2} Li^2(t)$ الطاقة المخزنة في الوشعة .

الطاقة المخزنة في المكثف: $E_C(t) = \frac{1}{2} C q^2(t)$

نضع: $E(t) = \frac{1}{2} L i^2 + \frac{1}{2} q^2 = \frac{1}{2} L i^2 + \frac{1}{2} C u^2$ والتي تمثل الطاقة المخزنة في الدارة في اللحظة t

والجسيمة الطاقوية تكتب:

2-4 التفسير

— حالة إهمال التخميد : يهمل التخميد عندما تكون مقاومة الدارة مهملة ($R \rightarrow 0$) ونصبح

الحصول على المعادلة التفاضلية $\frac{dE(t)}{dt} = 0 \rightarrow \frac{d\left(\frac{1}{2} L i^2 + \frac{1}{2} \frac{q^2}{C}\right)}{dt} = 0$ ومنه : $E = cte$ ، $\frac{1}{2} L i^2 + \frac{1}{2} \frac{q^2}{C} = E = cte$

هي طاقة الدارة L:G ، عندما يكون التخاذ مهيئاً و يحدث تبادل في الطاقة الدورية بين المكثفة

تمارين

1.

أدخل الدرس

لكل سؤال ان توافقه اجابة او لا اجابة صحيحة.

دراسة النظام الحر للدائرة RLC على التسلسل الممتلئة بالشكل

شرح ظاهرة الاهتزازات الى وجود:

مقاومة ووشية في الدارة. (b) وجود مقاومة ومكثفة.

مكثفة ووشية. (d) مقاومة فقط.

في حالة اكمال المقاومة الكلية للدائرة فان السحبة والشدة، تحفظان المعادلات التفاضلية من

$$a) q + \frac{L}{C} q = 0. \quad b) q + \frac{q}{LC} = 0. \quad c) q + \frac{q}{LC} = 0. \quad d) \frac{dq}{dt} + \frac{q}{LC} = 0$$

تكون عبارة الدور في الاهتزازات الحرة الجيبية.

$$a) T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{C}{L}}. \quad b) T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{L}{C}}. \quad c) T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{1}{LC}}. \quad d) T_0 = 2\pi \sqrt{LC}$$

في حالة عدم اكمال المقاومة R:

الطاقة الكهرومغناطيسية للدائرة ثابتة.

اذا كانت مقاومة الدارة R ضعيفة فالظلم شبه دوري.

في النظام شبه الدوري قل شبه الدور يساوي الدور الذاتي.

في النظام شبه الدوري تعتمد الشدة عندما تكون الشحنة عظيمة.

ل

$$d) \quad c) \quad b) \quad a) \quad T_0 = 2\pi \sqrt{LC} \leftarrow 3. \quad b) \quad q + \frac{q}{LC} = 0 \leftarrow 2. \quad c) \quad \frac{dq}{dt} + \frac{q}{LC} = 0$$

2.

من مكثفة سعيتها $C = 10 \mu F$ تحت توتر $U_0 = 8V$ ثم توصل في اللحظة $t = 0$

الى وشية ذاتيتها $L = 40 mH$ مقاومتها مهملة. يخضع التوتر u_C بين قطبي المكثفة في

دائرة (L, C) للمعادلة التفاضلية (2) $u_C = U_0 \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} t + \varphi\right)$ حلها العام $\frac{1}{LC} u_C = 0$ (2)

مع جهاز يتحول قيم u_C باستعمال حاسوب يعطي تمثيله البياني

اللحظة $t = 0$ التوتر u_C مخدوم ثم يتطور بعد ذلك بقيم مترابدة.

حدد سعة الاهتزازات.

حدد الصيغة φ في اللحظة $t = 0$.

احسب الدور T_0 للاهتزازات.

ما شكل المنحنى المتحصل عليه علي شاشة الحاسوب؟

ل:

سعة الاهتزازات: $u_C = u_0 = 8V$

تحديد φ : من الشروط الابتدائية $u_C(t=0) = 0$

ل:

$$u_C = u_0 \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} t + \varphi\right) = 0 \quad u_C = 0 \quad \cos\varphi = 0 \quad \varphi = \frac{\pi}{2}$$

$$LC\ddot{u}_C + R\dot{u}_C + u_C = 0 \rightarrow \ddot{u}_C + \frac{R}{L}\dot{u}_C + \frac{u_C}{LC} = 0$$

المعادلة:

— اذا كانت $R_{eq} = R - R_0 = 0$ فالدائرة تكافئ

الدائرة (LC) فتحصل على اهتزازات جيبية حرة

غير مستخدمة لها نفس الدور الذاتي للدارة ، ففي

هذه الحالة يعوض D الطاقة الضائعة بفعل جول

في المقاومة ، يوجب بدوره كمعدي للاهتزازات

فتتولد في الدارة اهتزازات لها نفس الدور الذاتي

$$T_0 = 2\pi\sqrt{LC}$$

— اذا كانت $R_{eq} = R - R_0 > 0$ نشاهد نظاما شبه دوري في

حالة R_{eq} صغيرة ، و نظاما لا دوري في حالة R_{eq} معتبرة .

— اذا كانت $R_{eq} = R - R_0 < 0$ نشاهد انطلاق اهتزازات ثم تتضخم حتى التنبع.

نظيف

دائرة تحتوي وشية $(L = 5.6 mH)$ مقاومتها R ومكثفة سعيتها $C = 4.7 \cdot 10^{-6} F$ و شتلي

قطب D التوتر بين طرفية يتناسب مع شدة التيار

$$(R_0 > 0) u_D = -R_0 i$$

1 - اكثف المعادلة التفاضلية للتوتر بين طرفي المكثفة.

2 - ما ذا يحدث عندما يكون $(R = R_0)$ ؟

ما هو دور شتلي القطب D ؟

3 - ما هي علاقة الدور في هذه الحالة ؟ احسب قيمته .

الحل :

1 - كتابة المعادلة التفاضلية : من قانون جمع التوترات : $U_C + U_L + U_D = 0$ ومنه:

$$\frac{d^2 q}{dt^2} + \frac{dq}{dt} + \frac{q}{LC} = 0$$

$$\frac{dq}{dt} = \dot{q} = C\dot{u}_C \quad \text{ولذلك} \quad \ddot{q} = C\ddot{u}_C \quad \text{ومن} \quad i = \frac{dq}{dt} \quad q = Cu_C$$

$$\frac{q}{C} + L\frac{d^2 q}{dt^2} + R\frac{dq}{dt} - R_0 i = 0 \quad \text{اي} \quad \frac{dq}{dt} = \dot{q} = C\dot{u}_C$$

$$u_C + LC\ddot{u}_C + (R - R_0)\frac{dq}{dt} = 0$$

$$u_C + LC\ddot{u}_C + (R - R_0)C\dot{u}_C = 0$$

$$\ddot{u}_C + \frac{R - R_0}{L} \dot{u}_C + \frac{1}{LC} u_C = 0 \quad (1)$$

وهي المعادلة التفاضلية المحققة لـ u_C

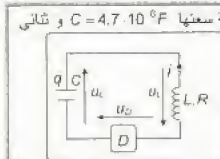
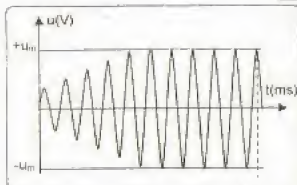
$$2 - \text{ عندما يكون } R = R_0 \text{ تصبح المعادلة التفاضلية من الشكل: } \ddot{u}_C + \frac{1}{LC} u_C = 0 \quad (2)$$

وهذه المعادلة تسير النظام الدوري للهاز الكهريائي التوافقي (دون تخامد) دوره الذاتي T_0

دور شتلي القطب D تعويض ضياع الطاقة بفعل جول في المقاومة .

$$3 - \text{ علاقة الدور } T_0 = 2\pi\sqrt{LC} = 2\pi\sqrt{5.6 \cdot 10^{-3} \cdot 4.7 \cdot 10^{-6}} = 10^{-4} \text{ s}$$

$$T_0 = 2\pi\sqrt{5.6 \cdot 10^{-3} \cdot 4.7 \cdot 10^{-6}} = 10^{-4} \text{ s}$$



التي قيم u_L تتزايد بعد $t=0$ فإن $\varphi = \frac{\pi}{2}$

حساب الدور الذاتي T_0 :

$$T_0 = 2\pi \sqrt{LC} = 2\pi \sqrt{40 \times 10^{-3} \times 10 \times 10^{-6}} = 40\pi \frac{10^{-4}}{3.16} = 4 \times 10^{-3} \text{ s}$$

لن المعادلة u_L بدلالة t :

$$u_L = 8 \cos \left(\frac{2\pi}{4 \times 10^{-3}} t + \frac{\pi}{2} \right) = 8 \cos (500\pi t + \frac{\pi}{2})$$

شكل المنحنى: بما أن الدارة (L.C) خازن حر غير متخاد فاهتزازاته جيبية

بن 3:

الجدول باستعمال المقادير التالية:

دالة التيار i ، التوتر بين طرفي المكثفة u_C ، سعة المكثفة C ، شحنة المكثفة q ، الشحنة الدالة q_0 ، الطاقة الابتدائية المخزنة في المكثفة $E_{C(0)}$ ، وتوتر بين طرفي الوشعة u_L ، دالة سعة L ، الطاقة الابتدائية المخزنة في الوشعة $E_{L(0)}$ ، مقاومة الدارة R ، طور الذاتي T_0 ، شبه T وهذا بالنسبة للأسطر الأربعة الأولى

الاهتزازات الحرة	الاهتزازات الحرة	الاهتزازات الحرة
المستخدمة لـ R, L, C	المستخدمة لـ R, L, C	المستخدمة لـ R, L, C
المقادير المتعلقة بالرمز	المقادير المتعلقة بالرمز	المقادير المتعلقة بالرمز
المقادير المؤثرة في التطور المؤقت للظاهرة	المقادير المؤثرة في التطور المؤقت للظاهرة	المقادير المؤثرة في التطور المؤقت للظاهرة
المقادير المحددة للشروط الابتدائية	المقادير المحددة للشروط الابتدائية	المقادير المحددة للشروط الابتدائية
الرمز المميز النظام	الرمز المميز النظام	الرمز المميز النظام

تمرين 4

مكثفة سعتها $C = 330 \text{ nF}$ مشحونة في البداية تحت توتر 6 V ، وصلت في اللحظة $t=0$ ، مقبلي وشعبة ذاتيتها L ومقاومتها r .

- ما هي الطاقة الابتدائية في الدارة؟
- كيف تفسر الضياع في الطاقة؟
- الموتور بين قطبي المكثفة؟

الحل:

$$E_{C(0)} = \frac{1}{2} C U_0^2 = \frac{1}{2} \times 330 \times 10^{-9} \times 6^2 = 5.940 \times 10^{-6} = 6 \times 10^{-6} \text{ J}$$

- تفسر الضياع في الطاقة بفعل جول لتخادم الاهتزازات بوجود المقاومة r للوشعة.
- حساب التوتر بين قطبي المكثفة: الطاقة المتبقية في المكثفة:

$$E = E_{C(0)} - \frac{1}{4} E = (6 - 1.5) \times 10^{-6} = 4.5 \times 10^{-6} \text{ J}$$

$$E = \frac{1}{2} C U_C^2 \rightarrow U_C = \sqrt{\frac{2E}{C}} = \sqrt{\frac{9 \times 10^{-6}}{330 \times 10^{-9}}} = 5.2 \text{ V}$$

تمرين 5

منظم ساعات الكوارتز هو بللورة الكوارتز التي تهتز بـ 32768 اهتزازة في الثانية هذه الساعات أكثر دقة من الساعات الميكانيكية. والكوارتز يشبه ثنائي قطب يتكون من ناقل مقاومته R ومكثفة سعتها C ووشعبة ذاتيتها L وتكون الاهتزازات الميكانيكية حرة.

- ما نوع الاهتزازات التي يمكن ملاحظتها؟ لماذا؟
- نريد أن تكون اهتزازات الكوارتز دورية ما هو الدور الرئيسي الذي تتبعه البط في ساعة الكوارتز؟
- ما هو دور اهتزازات الكوارتز مقتراباً بـ ميكرو ثانية؟

الحل:

- نوع الاهتزازات التي يمكن ملاحظتها هي اهتزازات حرة متخادمة نتيجة لوجود مقاومة.
- الدور الرئيسي للبلل هو تغذية الاهتزازات لتصبح دورية.

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{32768} = 30.10^{-6} \text{ s} = 30 \mu\text{s} \text{ ومنه: } f = 32768 \text{ Hz}$$

تمرين 6

- تحقق الدارة (L.C) بواسطة مكثفة سعتها $f_0 = 480 \text{ Hz}$ وسعة المكثفة تساوي $C = 220 \text{ nF}$ وحسب قيمة ذاتية L .
- حتوي الدارة (L.C) على وشعبة ذاتيتها $L = 12 \text{ mH}$ احسب الدور الذاتي والتوتر الذاتي للاهتزازات.
- الدارة (L.C) لها توتر ذاتي $L = 0.5 \text{ H}$ ونقص اهتزازاتها الذاتية $m_0 = 650 \text{ rad/s}$ عين قيمة سعة المكثفة.

الحل:

حساب الدور والتوتر: لدينا:

$$T_0 = 2\pi \sqrt{LC} = 2\pi \sqrt{12 \times 10^{-3} \times 220 \times 10^{-9}} = 6.9 \times 10^{-4} \text{ s} = 0.69 \text{ ms}$$

$$f_0 = 1/T_0 = 1/6.9 \times 10^{-4} = 1453 \text{ Hz}$$

حساب قيمة الذاتية L : لدينا

$$f_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}} \rightarrow L = \frac{1}{4\pi^2 f_0^2 C} = \frac{1}{4\pi^2 \times 1453^2 \times 220 \times 10^{-9}} = 0.5 \text{ H}$$

حساب سعة المكثف C: لدينا: $\frac{1}{LC} = 7.7 \cdot 10^6 \text{ F}^{-1}$ ومنه: $C = \frac{1}{LC} = 0.5 \cdot 650^2$

- 2- إذا كان شكل معادلة الدارة هو $q + 10^4 q' = 0$ ، احسب ذاتية الوشيعه علما ان $C = 100 \mu\text{F}$
3- احسب الدور والتواتر الذاتيين لهذه الدارة.

مفتوح قانون جمع التغيرات في الدارة (L, C): فإن:

$$U_L = q \frac{dq}{dt} \quad U_C = \frac{q}{C} \quad \text{ولدينا } U_L - U_C = 0 \Rightarrow L \frac{dq}{dt} - \frac{q}{C} = 0$$

بعض في المعادلة (1) نجد: $q + Kq' = 0 \rightarrow q' = -\frac{q}{K} \Rightarrow \frac{dq}{dt} = -\frac{q}{K} \Rightarrow \frac{dq}{q} = -\frac{dt}{K}$

حساب L: بالمطابقة بين المعادلتين $q + 10^4 q' = 0$ و $q + Kq' = 0$ نجد:

$$L = \frac{1}{10^4} = 10^{-4} \text{ H} \quad \text{ومنه } K = \frac{1}{10^4} = 10^{-4} \text{ H}$$

حساب الدور والتواتر الذاتيين للدائرة السابقة:

$$T_0 = 2\pi \sqrt{LC} = 2\pi \sqrt{1 \cdot 10^{-4} \cdot 10^{-4}} = 2\pi \cdot 10^{-4} = 0.063 \text{ s}$$

$$f_0 = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.063} = 16 \text{ Hz}$$

عند $t = 0$ فإن $q(0) = Q_m \cos \varphi \Rightarrow \cos \varphi = 1$ ومنه $\varphi = 0$ ومنه $Q_m = Q_m \cos \varphi$ إذن $\varphi = 0$ ومنه

$$q(t) = Q_m \cos \frac{2\pi}{T_0} t, \quad \frac{dq}{dt} = i(t) = -Q_m \left(\frac{2\pi}{T_0} \right) \sin \frac{2\pi}{T_0} t$$

$$f_0 = \frac{1}{T_0} = 79.6 \text{ Hz} \quad T_0 = 12.56 \text{ ms} \quad \text{الشكل (2)}$$

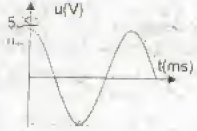
$$I_m = Q_m \frac{2\pi}{12.56 \cdot 10^{-3}} = 500 Q_m \quad I_m = Q_m \frac{2\pi}{T_0} \quad \text{لدينا: } I_m \text{ و } Q_m \text{ العلاقة بين } I_m \text{ و } Q_m$$

$$\text{حساب } U_m: \text{ لدينا من البيان } I_m = 20 \text{ mA} \text{ ومنه } U_m = \frac{20 \cdot 10^{-3}}{500} = 4 \cdot 10^{-5} \text{ V}$$

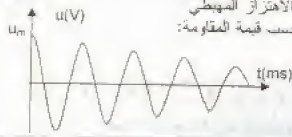
$$U_m = \frac{Q_m}{C} = \frac{4 \cdot 10^{-5}}{8 \cdot 10^{-6}} = 5 \text{ V} \quad \text{ومنه: } U_m = 5 \text{ V}$$

تمرين 9

- رسم اهتزاز مهبطي.
1- ما نوع المخطط الذي نحصل عليه؟
2- احسب الدور والتواتر الذاتي للدائرة المشكلة.
3- في الواقع مقاومة الوشيعه $R = 27 \Omega$ ماذا نشاهد على رسم الاهتزاز؟



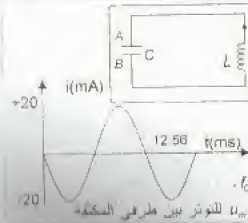
- الحل:
1) بما ان مقاومة الوشيعه معدومة فالدارة تشكل حرازا كهربائيا حرا غير متخادم (حرازا توافقي) والنظام الموافق دوري ونشاهد مخنى جيبي سعته $U_m = 6 \text{ V}$
2) حساب الدور والتواتر الذاتيين للدائرة:
 $T_0 = 2\pi \sqrt{LC} = 2\pi \sqrt{5 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^{-6}} = 6.3 \cdot 10^{-4} \text{ s}$
 $f_0 = 1/T_0 = 1600 \text{ Hz}$



- 3) المقاومة غير مهملة، نشاهد على رسم الاهتزاز المهبطي مخادم شبه دوري او لا دوري خرج وذلك حسب قيمة المقاومة:
 $R_1 = 2 \sqrt{\frac{L}{C}} = 2 \sqrt{\frac{5 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 10^{-6}}} = 2 \cdot 500 = 1000 \Omega$
 $R_2 = 2 \sqrt{2500} = 100 \Omega$
 $R_3 = R$ فالنظام شبه دوري.

تمرين 10

- حساب دارة LC من وشيعه ذاتيتها $(L = 5 \text{ mH})$ ومقاومتها $r = 0$ ومكثف سعته $C = 20 \mu\text{F}$
سعة في الدارة، ولحظن طاقة ابتدائية 0.36 mJ عند $t = 0$ ، $E_c(t = 0) = 0.36 \text{ mJ}$
1- انطلاقا من علاقة الطاقة الكلية للحلقة في اللحظة t وباعتبار ان هذه الطاقة ثابتة. اوجد المعادلة التفاضلية التي تسيطر النظام الدوري للحلقة.



- مكثف مشحونة سعته 8.10^{-4} F في وشيعه لها مهملة وذاتيتها L ، نعتبر شدة التيار موجبة يمر التيار في الوشيعه من قطبها N نحو M .
شحنة A عظمى ودرمز لها بـ Q_m عند $t = 0$.
لفظي المكثف المشحونة بعظمى وشيعه غير في مدار كهربائي شبه دوري.
جد المعادلة التفاضلية التي تحكمها الشحنة $q(t)$.
عندما على الشكل المقابل، احسب دور T_0 والتواتر f_0 .
ما هي العلاقة بين Q_m و I_m احسب القيمة العظمى U_m للتيور بين طرفي المكثف.

معادلة التفاضلية:

$$\text{قانون جمع التغيرات } U_L - U_C = 0 \Rightarrow L \frac{di}{dt} - \frac{q}{C} = 0 \quad \text{ولدينا } i = \frac{dq}{dt}$$

$$L \frac{d^2q}{dt^2} - \frac{q}{C} = 0 \quad \text{ومنه: } \frac{d^2q}{dt^2} - \frac{q}{LC} = 0$$

1) الطاقة الكلية للجزر الكهربائي $E = E_{LC} + E_{Li} = \frac{1}{2} \frac{q^2}{C} + \frac{1}{2} L i^2$ هذه الطاقة ثابتة ومنه:

$$\frac{dE}{dt} = \frac{1}{2C} \frac{dq}{dt} + \frac{1}{2} L \frac{di}{dt} = 0 \Rightarrow \frac{dq}{dt} + \frac{L}{C} i = 0$$

2) عبارة التوتر اللحظي: حل المعادلة التفاضلية من الشكل $q(t) = Q_0 \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} t + \varphi\right)$

ومنه علاقة التوتر: $u_C(t) = \frac{Q_0}{C} \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} t + \varphi\right) \leftarrow u_C(t) = \frac{q(t)}{C}$

الطاقة الابتدائية للجملة هي $C U_0^2 = \frac{1}{2} C U_0^2$ ومنه $E_C = \frac{1}{2} C U_0^2 = \frac{1}{2} \cdot 20 \cdot 10^{-6} \cdot 6V^2 = 3.6 \cdot 10^{-5} J$

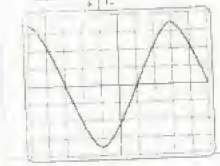
ولدينا $T_0 = 2\pi \sqrt{LC} = 2\pi \sqrt{50 \cdot 10^{-3} \cdot 20 \cdot 10^{-6}} = 6.28 \cdot 10^{-3} s$ ومنه $T_0 = 6.28 \cdot 10^{-3} s$

حساب φ : عند $t=0$ فإن $u(t) = u_m$ ومنه $\cos \varphi = 1$ إذن $\varphi = 0$

وعلاقة التوتر هي $u(t) = 5 \cos 1000t$

تمرين 11

شحن مكثفة سعيتها $C = 0.8 \mu F$ بواسطة الدارة المعطاة بالشكل المقابل ، عندما تكون القاطعة في الوضع 1. ثم نقرعها في وشيعة ذاتيتها L ومقاومتها مهملة ، في اللحظة $t = 0$ نبذل القاطعة في الوضع 2. يستخرج رسم اهتزاز مهبطي بمساعدة التوتر بين طرفي المكثف والممثل في الشكل المقابل



1 - كيف يمكن وصل رسم الاهتزاز المهبطي لكي نشاهد التوتر u_{AB} ؟
2 - اذكر دور الاهتزازات.

- a - استخرج قيمة L
- b - احسب التوتر الاعظمي بين طرفي المكثف.
- c - استخرج الشحنة العظمى التي يحملها اللوس A.
- d - ما قيمة الشق E ؟
- e - احسب الطاقة الكهرومغناطيسية لهذه الدارة.
- f - استخرج الشدة العظمى للتيار .

الحل:

1 - كيفية وصل رسم الاهتزاز: نصل B بالارض و A بالمسجل Y لرسم الاهتزاز

2 - قياس دور الاهتزازات: الدور هو باقي 8 تدريجات ومنه: $T_0 = 8 \times 5 \cdot 10^{-4} = 4ms$

a - استنتاج قيمة L : لدينا: $T_0 = 2\pi \sqrt{LC}$ ومنه: $L = \frac{T_0^2}{4\pi^2 C} = \frac{16 \cdot 10^{-8}}{4\pi^2 \cdot 0.8 \cdot 10^{-6}} = 0.5H$

b - حساب التوتر الاعظمي من البيان فن: $u_m = 3.5 \cdot 2 = 7V$

c - احسب قوس المكثف: $q_m = C u_m = 8 \cdot 10^{-7} = 5.6 \cdot 10^{-7} C$

d - قيمة الشق E : $E = q_m / C = 5.6 \cdot 10^{-7} / 0.8 \cdot 10^{-6} = 7V$ ومنه: $u_m = E = q_m / C$

$$E_{Li} = \frac{1}{2} L i_m^2 \rightarrow i_m = \sqrt{\frac{2E_{Li}}{L}} = \sqrt{\frac{2 \times 2 \cdot 10^{-5}}{0.5}} = 8.9mA$$

تمرين 12

1 - تحتوي دارة على التسلسل وشيعة ذاتيتها L ومقاومتها مهملة، مكثفة سعيتها C . بعد شحن المكثف تحت توتر U_{00} نقرعها في الوشيعة و نشاهد التوتر u على رسم اهتزاز مهبطي.

a) كيف نسمي هذه الدارة ؟
b) ما هو نظام التقريع ؟
c) احسب الدور الذاتي للدارة.
d) مثل بمخطط مطهر البيان الذي نشاهده

الحل:

1 - a) تسمى هذه الدارة بالدارة المثالية (LC)

b) نظام التقريع: هو نظام دوري .

c) الدور الذاتي للدارة: $T_0 = 2\pi \sqrt{LC} = 2\pi \sqrt{1 \cdot 50 \cdot 10^{-6}} = 4.4 \cdot 10^{-3} s$

d) البيان الذي نشاهده جيبي

2 - الطاقة الكهرومغناطيسية للدارة المثالية

$$E = E_C + E_{Li} = \frac{1}{2} C u^2 + \frac{1}{2} L i^2 = \text{cte}$$

عندما تكون الطاقة المخزنة في الوشيعة عظمى تكون الطاقة في المكثفة معدومة والعكس صحيح.

حساب شدة التيار:

$$E = E_{Li} = \frac{1}{2} C u_m^2 \rightarrow u_m = \sqrt{\frac{2E}{C}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 50 \cdot 10^{-5} \cdot 80}{1}} = 0.574V$$

3 - عندما نزيد من قيمة المكثفة:

a) تسمى الدارة مثالية والتقريع يبقى دوري والمظهر العام للبيان يبقى هو نفسه.

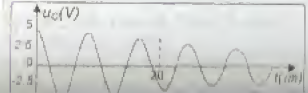
b) يزداد دور الاهتزازات لان $T_0 = 2\pi \sqrt{LC}$

c) سعة الاهتزازات لا تتغير $u_m = 80V$

تمرين 13

المكون دالة (R, LC) من وشيعة ذاتيتها $L = 6.8mH$ ومقاومتها r مهملة ومكثفة سعيتها مجهولة.

في البداية كانت القاطعة في الموضع 1 ثم في اللحظة $t = 0$ فورحنا الى الموضع 2 ونسجل تطور u_C بين قطبي مكثفة فنحصل على البيان:

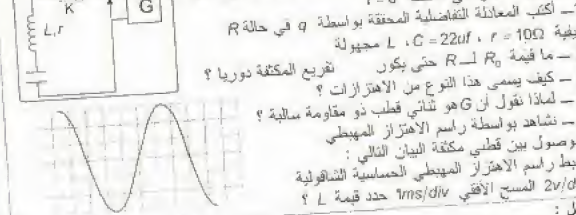


1 - حدد قيم المقادير التالية في اللحظة $t = 0$:
a) التوتر u بين قطبي المكثفة.
b) لمدة التنازل .
c) قبل حل عبارة الوشيعة معدومة ؟ علل

التفسير: في اللحظة $t=0$ تكون المكثفة مشحونة ومطابقا $E_{LC1}=0$, $E_{C1}=E$ ويكون مجموع الطاقتين المخزنين في المكثفة والوشيعة متساويا لأنه أثناء تبادل الطاقة بين المكثفة والوشيعة يحدث صياح في الطاقة بفعل جول في المقاومة الكلية للدائرة مما يؤدي إلى تناقص في الطاقة الكلية المتبقية عند $t=10\text{ms}$ هي $E_2=14\mu\text{J}$ والطاقة الابتدائية $E_1=41\mu\text{J}$ وتكون الطاقة الضائعة $E_2=41-14=27\mu\text{J}$.

تمرين 16

نستعمل تجهيزا (G) لتغذية الاهتزازات الكهربائية لدائرة (r.L.C) يعطي $u_G = Ri$ حيث R معامل موجب يمكن ضبطه و الدارة موجهة كما هو موضح في الشكل:



1 - كتابة المعادلة التفاضلية المحققة لـ q بتطبيق قانون جمع التوترات $u_G = u_C + u_L$ ومنه: $u_G = Ri = R \frac{dq}{dt}$ و $u_C = \frac{q}{C}$ ومنه: $\frac{dq}{dt} + \frac{q}{RC} = \frac{u_G}{R}$

2 - كي يكون تفرغ المكثفة دوريا يجب ان يكون الحد $(r-R) \frac{dq}{dt}$ معنوما دوما وهذا شرط محقق من أجل: $R = R_0 = r$ ومنه: $R_0 = 10\Omega$

3 - نسمي هذا النوع من الاهتزازات: الاهتزازات المغذاة.

4 - الاصطلاح المستعمل في نص التمرين لتجهيز G هو مولد حيث: $u_G = Ri$ وفي الاصطلاح اخذنا فان التوتر بين قطبي G يكتب $R-i$ فاذنا مستخدما اخذنا فهو سيتصرف ككابل لومي مقاومته سالبة

5 - حساب قيمة L في الاهتزازات المغذاة يكون دورها مساويا للتور الذاتي للدائرة LC

اي $T = T_0 = 2\pi\sqrt{LC}$ ومنه: $L = \frac{T_0^2}{4\pi^2 C}$

من البيان هي: $T_0 = 6\text{ms}$ وبالتالي: $L = 0.041\text{H}$

تمرين 17: لنفرض التركيب المقابل: المقاومة R غير صالحة ذاتية الوشيعة $L = 10\text{mH}$ مدعة لمكثفة $C = 1.09\mu\text{F}$ شكل 1

1 - a - ما هو دور التجهيز (D) المستعمل في التركيب؟
b - هل هذه الدارة تشبه الدارة المثالية (L.C)؟
c - ما هي علاقة المعادلة التفاضلية التي تسيطر تطور الشحنة خلال الزمن؟
d - إذا كان الحل العام لهذه المعادلة هو:

$$q = q_m \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} t + \varphi\right)$$

من الشكل $T_0 = 2\pi\sqrt{L.C}$
1 - احسب بؤلة هذه الاهتزازات.
a - ما هي في كل لحظة الطاقة الكلية المخزنة في الدارة؟
b - ما هي الطاقة العظمى المخزنة في الوشيعة واستنتج الشدة العظمى i_m في الدارة؟

الحل:
1 - اهتزازات الدارة (RLC) هي دورية لأن التجهيز (D) يعطي الاهتزازات و يمنحها من الدخامد وهو يوضع الطاقة الضائعة بفعل جول.

2 - البؤلة الكهرطيسية المخددة بكتفي دائرة (L.C) مثالية وهو مقر لاهتزازات غير متخامدة
3 - المعادلة التفاضلية: من قانون جمع التوترات: $u_L + u_C = 0$

$$\frac{q}{C} + L \frac{d^2 q}{dt^2} = 0 \quad \text{ومنه:} \quad L \frac{d^2 q}{dt^2} + \frac{q}{C} = 0$$

$$q = q_m \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} t + \varphi\right)$$

بالتعويض المعادلة مرتين ونعوضها في المعادلة التفاضلية: $\frac{dq}{dt} = -\frac{2\pi}{T_0} q_m \sin\left(\frac{2\pi}{T_0} t + \varphi\right)$

$$-\left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 q + \frac{1}{LC} q = 0 \quad \text{ومنه:} \quad \frac{1}{LC} = \left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2$$

$$T_0 = 2\pi\sqrt{LC} \quad \text{ومنه:} \quad \frac{1}{LC} = \left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{6.28 \times 10^{-2} \times 1.09 \times 10^{-6}} = 1500\text{Hz}$$

$$E = E_{C1} + E_{L1} = \frac{1}{2} q u_C + \frac{1}{2} L i^2 = C i^2$$

$$E_{L1m} = \frac{1}{2} L i_m^2 = \frac{1}{2} C u_{Cmax}^2 = 0.5 \times 1.09 \times 10^{-6} \times 4^2 = 8.7 \times 10^{-6} \text{ J}$$

$$E_{L1m} = \frac{1}{2} L i_m^2 \rightarrow i_m = \sqrt{\frac{2E_{L1m}}{L}} = \sqrt{\frac{2 \times 8.7 \times 10^{-6}}{10 \times 10^{-3}}} = 42 \times 10^{-4} \text{ A}$$

الاهتزازات القسرية

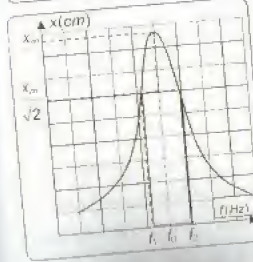
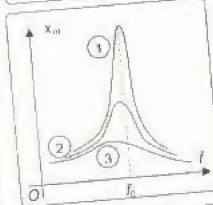
تعريف الاهتزازات القسرية :

يخضع حزاز توافره الذاتي f_0 للاهتزازات قسرية إذا وصل به جهاز آخر خارجي ندعوه **محرضاً** (Excitateur) يفرض على الهزاز تواتراً f مختلف عن f_0 . هذا النظام يدعى بنظام الاهتزازات القسرية بتواتر f ، والجلة التي تخضع للاهتزازات القسرية ندعواها **رئنا (أو مجابوا)** (Résonateur). ونحدد الاهتزازات القسرية في الحمل الميكانيكية والكهربائية على السواء.

1- الاهتزازات القسرية الميكانيكية :

دراسة تجريبية :

تتكون الجلة الميكانيكية من نواس مرن شاقولي مثبت بنهايته كتلة m و النهاية الأخرى متصلة بخيط يمر على محز بكرة و مثبت على سطح قرص دوار الذي يؤثر على الهزاز بنحريص دوري شاقولي تواتره f ودوره T مساويا لدوران القرص.
- نقيس في البداية الدور الذاتي T_0 للهزاز (جسم - نابض).
- ندير القرص بتواتر f والذي بدوره T ثم نقيس تواتر اهتزاز الكتلة m فنجد ان تواترها يساوي تواتر القرص الدائر (المحرض) وبالتالي فالهزاز يقوم باهتزاز ذات قسرية.
- نغير تواتر دوران القرص فتتغير سعة اهتزاز الهزاز ونر من قيمة عظمى f قريبة من f_0 .
- عندما يحدث تجاوب يدعى **تجاوب السعة**.
- عندما يخضع نواس مرن لتأثيرات دورية لجلة محرصة (Système excitateur) فإن:
- دور الاهتزازات القسرية مفروض من طرف المحرض.
- سعة التردد تكون عظمى عند التجاوب.
- يحدث التجاوب عندما يكون الدور المفروض T يساوي تقريبا للدور الذاتي للهزاز T_0 .
- وتتبع سعة الهزاز المرن x_m بدالة تواتر القرص نحصل على المنحنيات الممتدة في الشكل التالي:



المنحنى (1): تجاوب حاد (هزاز ضعيف التخميد)
- المنحنى (2): تجاوب غير حاد (تخميد معتبر)
- المنحنى (3): زوال التجاوب (تخميد كبير)
الشرط الثاني:

هو مجموع التواترات التي من اجلها يكون:
والتي تؤدي الى قيمتين للتواتر f_1, f_2 حيث f_1, f_2 عن f_0 .
عرض الشريط النافذ: هو المقدار $\Delta f = f_2 - f_1$ والذي يعبر عن استجابة الهزاز في هذا المجال.
عامل الجودة Q: لتعبر عن استجابة الرئنا للمحرض تدخل مقدارا يعبر عن حدة التجاوب يسمى عامل الجودة عبرته:
كلما كان التجاوب حادا كلما كان عامل الجودة كبيرا.

امثلة عن الاهتزازات القسرية :

a - الارجوحة : تشكل الارجوحة مع الطفل التراك عليها هزازا تواتره الذاتي T_0 وهي تتعب دور الرئنا (Résonateur) والشخص الذي يدفعها محرضا (Excitateur).
تزداد سعة الارجوحة أثناء دفعها وعندما يصبح دفعها دورياً دوره T مساوياً تقريبا T_0 يحدث التجاوب وتكون عندئذ سعة الاهتزاز عظمى.
b - يرجع سقوط حرس مان في انجر (Mame à Angers) الى مرور مجموعة عسكرية أثناء التدريب بخطى منتظمة (البت دور محرض) وشكل الجسر رناناً فتدخل في تجاوب معها بسعة كبيرة جدا فانهال وهو ما حدث تقريبا لجسر بكوما في واشنطن بالولايات المتحدة سنة 1940 حيث تباير الرياح التي لعبت دور محرض.



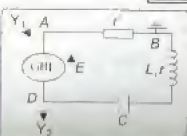
نحقل التركيب التالي للحصول على اهتزازات قسرية والتي يخضعي على مولد للتوترات المنخفضة GBF، ومعاطيس كهربائي (وشعة) ونواس بسط دوره الذاتي T_0 نثبت عليه لوسا حثيية، يمتان الوشعة تيار دوري.
نوفر الوشعة بقوة مغناطيسية دورية تواترها f .
1- حدة المحرض والمجاوب
2- ما هو تواتر الاهتزازات القسرية للتواس ؟
3- ما ذا نلاحظ عندما نغير التواتر f للمحرض ؟
4- ما هي الظاهرة الملحظة من اجل التواتر $f = f_0$ ؟
5- عندما يكون التواس ضعيف التخميد ما هو التواتر المميز لهذه الظاهرة ؟
كيف تبدو هذه الظاهرة ؟

الحل :

1- الوشعة (معاطيس الكهربائي) والمجاوب : التواس.
2- التواس بنفس تواتر المحرض.
3- ما يدور تواتر المولد يغير تواتر الاهتزازات القسرية للتواس.
4- من اجل التواتر الخاص $f_0 = f$ تكون سعة الاهتزازات القسرية عظمى ويجب عندها التجاوب.
5- عندما يكون التخميد ضعيفا يكون تواتر الاهتزاز القسري يساوي تقريبا التواتر الذاتي $f = f_0$ الاهتزازات لها سعة عظمى عند التجاوب.

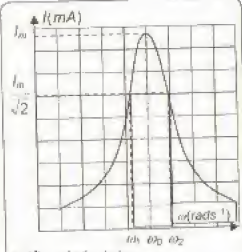
II - الاهتزازات القسرية للدائرة RLC

المواد التركيبية التالية :



نعمل مولدا للتوترات المنخفضة GBF الذي يعطي تواترا دوريا مساويا لتواتر التردد، نسمح راسم الاهتزاز المنهبط بمعاودة التماس على الشغل Y بين قطبين وبالتالي لشد التيار وعلى الشغل Y التواتر f بين قطبي الدائرة RLC ($R = r + r'$) يكون دور x_m مساويا لدور التواتر المطبق على طرف GBF (التوتر المحرض).

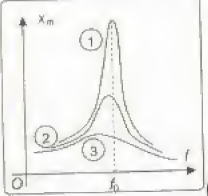
الرنان) ويكون التجاوب حادا كلما كانت مقاومة الدارة صغيرة
الشريط الناقد:
هو مجموع التوافقيات التي من أجلها يكون:



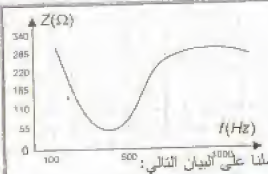
والتي تؤدي إلى قيمتين للتواتر ω_1, ω_2 حيث $\omega_2 > \omega_1$
عرض الشريط الناقد: هو المقدار $\Delta\omega = \omega_2 - \omega_1$
والذي يعبر عن استجابة الهزاز في هذا المجال.
عامل الجودة Q : للتعبير عن استجابة الرنان
للمعرض تدخل مقدارا يعبر عن حدة التجاوب يسمى
عامل الجودة عيارته: $Q = \frac{\omega_0}{\Delta\omega} = \frac{f_0}{\Delta f}$

فلما كان التجاوب حادا كان عامل الجودة كبيرا.

- المنحنى (1): تجاوب حاد من أجل مقاومة صغيرة (هزاز ضعيف التخادم)
- المنحنى (2): تجاوب غير حاد المقاومة متوسطة (تخادم معتبر)
- المنحنى (3): انعدام التجاوب لأن المقاومة كبيرة (تخادم كبير)



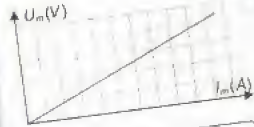
فلما كانت المقاومة صغيرة كان التجاوب حادا
أصبحت ظاهرة فوق التواتر عند التجاوب التي قد تؤدي إلى
موتدات وانقلاب بعض العناصر الكهربائية (مقاومة مكافئة...)
تطبيق



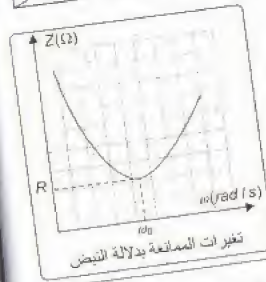
بالأول جزء من دائرة كهربائية من ناقل أومي
مقاومته $R = 50 \Omega$ وشويعة ذاتيتها $L = 0.1 H$
وقد انبعاثها الداخلية r مكافئة سمعتها C كلها
موصولة على التسلسل. نغذي هذا الجزء من
الدارة بوتر متجاوب جيبى قيمته الممتدة
 $U_m = 8.8 V$ ثابتة علميا، وتواتره N متغير.
بعد قياس معاينة الدارة من أجل عدة قيم لتواتر
الناقل ملنا تغيرات المعاينة بدلالة التواتر N فحصلنا على البيان التالي:
أ. أكتب عبارة معاينة الدارة بدلالة I_m و U_m .
ب. كيف تكون معاينة الدارة عند التجاوب؟ عين قيمتها.
ج. احسب شدة التيار الكهربائي عند التجاوب.
د. احسب المقاومة الداخلية للتشويعة.
هـ. احسب سعة المكثفة.

- أثبت أن معاينة الدارة عند حدي الشريط الناقل للتوافقيات توافق $Z = (R+r)\sqrt{2}$.
- عين بيانيا هدي الشريط الناقل.
- احسب معامل جودة الدارة.

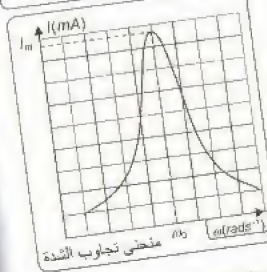
الدارة تظهر بنظام هزاز في بدور وتواتر المحرض.
المعادلة التفاضلية للدارة في النظام الجيبى القسري:
بتطبيق قانون جمع التواتر ات: $U_m + U_r + U_C = E$
ومنه: $Ri + L \frac{di}{dt} + \frac{q}{C} = U_m \cos\left(\frac{2\pi}{T}t + \varphi\right)$
حيث $E = U_m \cos\left(\frac{2\pi}{T}t + \varphi\right)$ التوتر المطبق بين طرف GBF على الدارة.



طرف GBF على الدارة.



فال: $i = \frac{dq}{dt}$ وباعتبار العلاقة $E = U_m \cos\left(\frac{2\pi}{T}t + \varphi\right)$
معادلة تفاضلية من الدرجة الثانية طرفها الثاني غير معنوم
 φ فرق الصفحة بين شدة التيار والتوتر الكلي
المطبق بين قطبي الدارة. حيث تعطى عبارة للتوتر
الاعظمي U_m وبالعلاقة: $U_m = Z I_m$ أو: $I_m = \frac{U_m}{Z}$
شدة التيار الاعظمي I_m عند شدة التيار المنتجة
أو العلاقة حيث $I_m = \sqrt{2} I_{eff}$
التوتر الاعظمي $U_m = \sqrt{2} U_{eff}$ التوتر المنتج أو
الفعال، حيث $U_m = \sqrt{2} U_{eff}$
تدعى معاينة الدارة وعبارةها:
 $Z = \sqrt{R^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)^2}$ وحدتها الأوم (Ω).

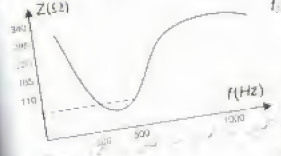


رسم المنحنى $Z = f(\omega)$
منقش: تأثير النقص على استجابة الدارة: إن دراسة
تغيرات I_m بدلالة ω أي $I_m = f(\omega)$ يعطي البيان التالي
رؤا على شدة التيار بزيادة النقص و يبلغ قيمة عظمى I_m
من أجل $\omega = \omega_0$ التي ندعوها بنقص قيمته الممتدة
لأن عندنا في حالة التجاوب (أو الرنين)
أهزة التجاوب: تكون عندنا شدة التيار أكبر ما يمكن
تكون معاينة الدارة أصغر ما يمكن أي: $Z = R$

بمعنى: $Z = \sqrt{R^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)^2}$
تكون فرق الصفحة بين شدة التيار (I) والتوتر الكلي $U(I)$ بين قطبي الدارة معنوما $\varphi = 0$
لأن $\tan \varphi = \frac{L\omega - \frac{1}{C\omega}}{R} = 0$ أي $L\omega = \frac{1}{C\omega}$
تكون فرق الصفحة بين شدة التيار (I) والتوتر الكلي $U(I)$ بين قطبي الدارة معنوما $\varphi = 0$
لأن $\tan \varphi = \frac{L\omega - \frac{1}{C\omega}}{R} = 0$ أي $L\omega = \frac{1}{C\omega}$

من التجاوب $I_m = \frac{1}{\sqrt{L^2 C}}$ ويكون الدور في حالة التجاوب $I_m = \frac{1}{\sqrt{L^2 C}}$
تدعى التجاوب عندما يتساوى دور المحرض مع الدور الذاتي للدارة (U_m, U_C)

- كتابة عبارة معادلة الدارة : $U_{eff} = Z I_{eff} = (R + r + j\omega L) I_{eff} = \frac{1}{C} I_{eff}$
- عند التجارب تكون معادلة الدارة مساوية للبعثمة : $Z = R + r$
- حساب شدة التيار الكهربائي عند التجارب : من التبيان تكون معادلة الدارة اصغرية $Z = 55 \Omega$
- حساب المقاومة الداخلية للوسيلة : $U_{eff} = 8.8$, $I_{eff} = 0.16 A$, $R + r = 55$
- حساب سعة المكثفة : عند التجارب لدينا : $\frac{1}{C} = 0$, $\omega = 2\pi f_0$, $L = 50$, $r = 55$, $Z = R + r \rightarrow r = Z - R = 55 - 50 = 5 \Omega$
- اثبات ان معادلة الدارة عند حدي الشريط الناقص للتواترات هي $Z = (R + r)\sqrt{2}$:
لدينا : الشريط الناقص ينحرف من اجل $\frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}}$, ومنه : $Z = (R + r)\sqrt{2}$
- تغيير حدي الشريط الناقص بينا :
لدينا : $\frac{1}{Z} = \frac{1}{U_{eff}(R + r)} \rightarrow \frac{1}{Z} = \frac{1}{U_{eff}(R + r)\sqrt{2}}$, ومنه : $Z = (R + r)\sqrt{2}$



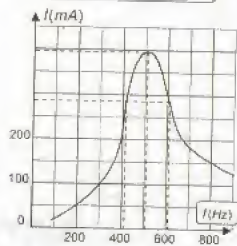
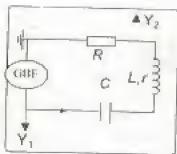
تبيان

- مرونته k وجسم مثبت به كتلته m نزيحه عن وضع توازنه بمقطع x يحلق المعادلة التفاضلية : $m\ddot{x} + \alpha\dot{x} + kx = 0$ وما هي وحته ؟
2/ حدد المقادير المتشابهة في المعادلتين
- معدل القوة التي يوتر بها النابض على الجسم و هي قوة ارجاع : $\{kx\}$, ومنه وحدة قياسها النيوتون N .
- معدل المشاهدة بمطابقة المقادير نجد : $1/C = k$, $1/C = k$

- اسئلة حول الدرس :
بما ان $\ddot{x} + \frac{1}{m}x = 0 - (d\ddot{x} + kmx = 0 - (c$
بما ان $\ddot{x} + \frac{1}{m}x = 0$ هو الدور الذاتي للدارة (L,C) :
1 - المكافئ الكهربائي للسرعة هو :
(a) - المشتقة (b) - الشدة (c) - مشتقة
بالنسبة للزمن (d) - التواتر
2 - المكافئ الكهربائي للكتلة هو :
(a) - المشتقة (b) - الشدة (c) - المشتقة
بالنسبة للزمن (d) - التواتر
3 - المكافئ الكهربائي لثابت المرونة :
(a) - المشتقة (b) - الشدة (c) - المشتقة
بالنسبة للزمن (d) - التواتر
4 - المكافئ الكهربائي للثابت المرونة :
(a) - المشتقة (b) - الشدة (c) - المشتقة
بالنسبة للزمن (d) - التواتر
5 - الطاقة الميكانيكية لنواس مرين هي :
 $E = \frac{1}{2}kx^2 + \frac{1}{2}mv^2$ والطاقة المخزنة في الدارة (R,L,C) هي : (a)
- الحل :
(a) - المشتقة (b) - الشدة (c) - المشتقة
بالنسبة للزمن (d) - التواتر
(a) - المشتقة (b) - الشدة (c) - المشتقة
بالنسبة للزمن (d) - التواتر
(a) - المشتقة (b) - الشدة (c) - المشتقة
بالنسبة للزمن (d) - التواتر
(a) - المشتقة (b) - الشدة (c) - المشتقة
بالنسبة للزمن (d) - التواتر



- التي هو الظاهرة الفيزيائية التي يبرزها هذا التجيز ؟
2/ ما هو الجزء من التجيز المكون للمحرز ؟
3/ ما هو الجزء المكون لتجاوب (التران) ؟
4/ دور اهتزازات التجيز (المحرك والغرض)
5/ ما هو مساو للدور الذاتي للجملة (نابض - جسم) ؟
6/ ارس مظهر تغيرات سعة الاهتزازات بدلالة التواتر ؟
7/ الحركة من اجل التخميدات الضعيفة
الحل :
1 - يسمح التجيز باثر ظاهرة تجاوب السعة
2 - عندما يدور الغرض بشكل الجزء المحرض
3 - الجسم يتشكل التجاوب
4 - دور اهتزازات التجاوب (نابض - جسم) مفروضة من طرف المحرض فطورها لا يساوي بالضرورة دور المحرض
5 - الفين المعدل لتغيرات سعة الاهتزازات بدلالة التواتر



2 - معرفة شدة التيار
 العلاقة التواتر بين قطبي المقاومة $U_{R/L} = Ri(t)$
 منه $i(t) = \frac{U_R(t)}{R}$ معرفة $U_R(t)$ تسمح بمعرفة $i(t)$
 فالنوتر $U_R(t)$ يعني $i(t)$ مضروباً في المعامل R
 1 - نواتر التجاوب : يحدث التجاوب عندما تكون
 شدة التيار عتسلى وبالناتر الفاتواتر الموافق لها f_0
 $f_0 = 500\text{Hz}$ و f_0 ويحدد
 نظرياً من العلاقة $Lw_0^2 C = 1$ $4\pi^2 f_0^2 LC = 1$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{6.28 \times 10^{-3} \times 10^{-6}}} = 503\text{Hz}$$

و هي قريبة جداً من القيمة التجريبية

2 - الشدة المنتجة عند التجاوب :

$$I_{\text{max}} = 380\text{mA} = 0.38\text{A}$$

$$I_{\text{eff}} \geq \frac{I_{\text{max}}}{\sqrt{2}} \text{ فرض الشرط النافذ : يوافق}$$

$$I_{\text{eff}} = \frac{I_{\text{max}}}{\sqrt{2}} = 0.38$$

$$f_2 = 615\text{Hz}, f_1 = 415\text{Hz}$$

$$\Delta f = 200\text{Hz}$$

1 - تأثير المقاومة الكلية على الشرط النافذ :

فحص النتائج يبين أنه كلما زادت المقاومة

فرض الشرط النافذ

$$R = \frac{U}{I} \leftarrow U = RI \text{ لدينا } \frac{R_f}{2\pi L}$$

$$\left[\frac{R}{2\pi L} \right] = \left[\frac{R}{L} \right] = \left[\frac{U}{I} \right] \left[\frac{1}{T} \right] = \frac{1}{[T]} \text{ ومنه } [L] = \frac{[U]}{[I][T]} \leftarrow U_1 = \dots$$

رسم البيان Δf بدلالة R_f :

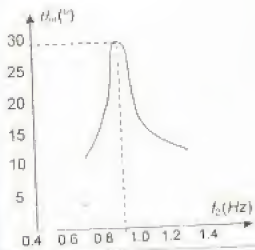
خط مستقيم أي $\Delta f = 8R_f$ ، θ ميل المستقيم

$$\Delta f = aR_f$$

$$a = \frac{1}{2\pi L} \text{ العلاقة النظرية } \Delta f = \frac{R_f}{2\pi L} \text{ و بالمقارنة فإن}$$

$$L = \frac{1}{2\pi a} \text{ ومنه : } a = \frac{\Delta f}{\Delta R_f} = \frac{810}{52.0}$$

$$L = \frac{1}{2\pi \times 15.4} = 1.03 \times 10^{-3}\text{H}$$



4. الظاهرة التي يبرزها المنحنى :

هي ظاهرة التجاوب

5. قيمة التواتر عند التجاوب : $f_{01} = 0.91\text{Hz}$

6. طول التواس P_1 لدينا :

$$f_{01} = \frac{1}{T_{01}} = 2\pi \sqrt{\frac{L}{C}}$$

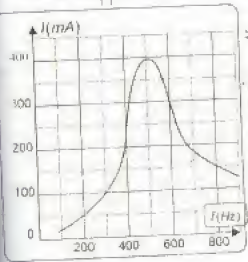
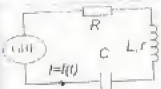
$$\rightarrow \lambda_1 = \frac{g}{4\pi^2 f_{01}^2} = \frac{9.81}{4\pi^2 \times (0.91)^2} = 0.3\text{m}$$

7. عند إضافة تجهيز التخاطم إلى P_1

تتقلص سعة الإهتزاز ويؤول التجاوب.

تمرين 7 :

تتكون دائرة على التسلسل من ثقل أومي مقاومته $R = 10\Omega$ وشيعة ذاتيتها $L = 10\text{mH}$ ومقاومتها $r = 2.5\Omega$ ومكثفة سعيتها $C = 10\mu\text{F}$ و مولك للتواترات المنخفضة $G.B.F$ يعطي تواتراً جيبياً قيمته المنتجة $U_{\text{eff}} = 10\text{V}$ و تواتره f قابل للتعديل.



1 - لنقل مخطط الدارة إلى ورقة الإجابة محددا عليه كيفية ربط رسم الاهتزاز المبهطي والذي يسمح بمشاهدة :

- على المدخل Y_1 ، التواتر $U(t)$ بين قطبي مولك ،

- على المدخل Y_2 ، التواتر $U_R(t)$ بين قطبي الناقل الأومي .

2 - بين أن أحد التواترين المشاهدين يسمح بمعرفة شدة التيار $i(t)$ التي تمر في الدارة .

1 - سمحت قياسات شدة التيار المنتج i_{max} بدلالة تواتر

التواتر بين قطبي المولك برسم منحنى الشكل 2 ،

اطلاقاً في المنحنى حث .

1 - تواتر التجاوب f_0 والدائرة و قارنه مع القيمة النظرية

2 - القيمة التجريبية للشدة العظمى I_{max} عند التجاوب .

3 - عرض الشرط النافذ .

1 - ان تغيير المقاومة الكلية لدائرة R_f

أعطى النتائج

$R_f (\Omega)$	16.7	20.0	25.5	38.0	52.6
$\Delta f (\text{Hz})$	255	310	405	575	810

1 - ما تأثير المقاومة على الشرط النافذ ؟

2 - سمحت الدراسة النظرية للشرط النافذ في الدارة $R \cdot L \cdot C$ على التسلسل بالحصول

$$\text{العلاقة } \frac{R_f}{2\pi L}$$

a - بين أن العلاقة R_f لها بعد $\frac{1}{\text{H}}$

b - أرسم بيان Δf بدلالة R_f السلسل : $1\text{mH} \rightarrow 50\text{Hz}$

c - استنتج من هذا البيان أنه الشيعة قريب مع الأوسمة المعطاة في نفس الموضع

الحل :

الطوائف ميكانيك كهرباء

تشكل الدارة (RLC) والنواس المرن في حالة اهتزازات حرة نماذج رياضية متشابهة فالمثال بين النموذجين ليس فقط في شكل العلاقات بل يكمن في محتوى فيزيائي حقيقي
لقد صادفنا في دراستنا السابقة أربع معادلات تسيطر على الاهتزازات الحرة غير المتخمدة للنواس المرن و الدارة (L-C) والمعادلتين الأخريين تأخذان بعين الاعتبار التخمدة في حالة نفس الاهتزازات النظام الحر غير المتخمدة.

ظواهر الانتشار

- 1 - انتشار اضطراب أو إشارة.
- الموجة الميكانيكية المتقدمة.
- سرعة انتشار موجة ميكانيكية.
- مفهوم التأخر الزمني.

الاهتزازات الحرة لجملة ميكانيكية

تمارين

- الأمواج الميكانيكية المتقدمة الدورية
- الدورية الزمنية و الدورية المكانيّة.
- الأمواج الجيبية المتقدمة.
- تراكب ، تداخل ، انعكاس ، انعراج الأمواج.

تمارين

- نمذجة الصوت بموجة.
- وسط الانتشار.
- سرعة الأمواج الصوتية.
- انعراج وانعكاس الأمواج الصوتية.
- الخواص الفيزيائية للصوت.
- فعل دوپلر.

تمارين

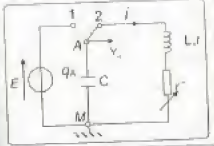
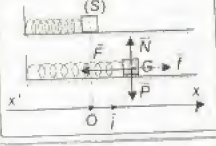
- ظواهر انعراج الضوء.
- سرعة انتشار وقرينة الضوء.
- التوتّر وطول الموجة.
- تبديد الضوء.

تمارين

الامواج الميكانيكية المنقدمة الدورية

انتشار الامواج الصوتية

النموذج النماذجي للضوء

الاهتزازات الكهربائية الحرة	الاهتزازات الميكانيكية الحرة	
 $L \frac{d^2 q}{dt^2} + \frac{q}{C} = 0$ $L \frac{di}{dt} + \frac{q}{C} = 0$	 $m \frac{d^2 x}{dt^2} + kx = 0$ $L \frac{dv}{dt} + kx = 0$	غير المتخمدة
$L \frac{d^2 q}{dt^2} + R \frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} = 0$ $L \frac{di}{dt} + Ri + \frac{q}{C} = 0$	$m \frac{d^2 x}{dt^2} + r \frac{dx}{dt} + kx = 0$ $m \frac{dv}{dt} + rv + kx = 0$	المتخمدة
حالة الاهتزازات غير متخمدة		
$q = q_m \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} t + \varphi\right)$	$x = x_m \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} t + \varphi\right)$	حل المعادلة التفاضلية
$T_0 = 2\pi \sqrt{LC}$	$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$	الدور الذاتي
$E = E_c + E_r = \frac{1}{2} \frac{q^2}{C} + \frac{1}{2} Li^2$	$E = E_{pe} + E_{ce} = \frac{1}{2} kx^2 + \frac{1}{2} mv^2$	طاقة الجملة

مقارنة اعطادات الساقطة بسنكروج الطوائف الكهربائي للطوائف الميكانيكي

مقارنة	ثابت	ثابت	ثابت
المسافة	x	q	الشحنة
السرعة	v = dx/dt	i = dq/dt	شدة التيار
التسارع	a = dv/dt	di/dt	مشتق شدة التيار
الكتلة	m	L	دالة التوصيل
ثابت المرونة	k	1/C	ثابت العزل

أخي / أختي

إن إستفدت من هذا الملف فالرجاء أن تدع لي و للمؤلف بالخير
و النجاح و المغفرة